

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
1. Einleitung	1
2. Aufgabenstellung	2
3. Beschreibung und Anforderungen eines Dreipunktanbaus	4
3.1 Allgemein	4
3.2 Definitionen und Bauteile	5
3.3 Einteilung des Dreipunktanbaues in Kategorien	9
3.4 Austauschbarkeit innerhalb der Kategorien	13
3.5 Auswahl der Hubwerkskategorien	13
4. Allgemeine Grundlagen zur Entwicklung eines Fronthubwerks	14
4.1 Konstruktive Ausführungen, die bei CNH zur Anwendung kommen	14
4.1.1 In den Traktorrumpf integrierte Fronthubwerke	14
4.1.1.1 Einheitsträger-System - Hubwerksträger in Vorderachsbock integriert	14
4.1.1.2 Geteilte Variante - Hubwerksträger und Vorderachsträger getrennt	15
4.1.2 Vor der Motorhaube angebautes Fronthubwerk	16
4.2 Technische Anforderungen an das Hubwerk.....	17
4.2.1 Ausführung der Unterlenker.....	17
4.2.2 Pendelausgleich für Boden Anpassung	19
4.2.3 Oberlenker-Schwenkwinkel	20
4.2.4 Unterlenkerschwinge	21
4.2.5 Unterer Anlenkpunkt	22

4.2.6	Abschleppvorrichtung	23
4.2.7	Gelenkwelle	24
4.2.7.1	Bauformen.....	24
4.2.7.2	Beugewinkel	25
4.2.7.3	Ungleichförmigkeit der Gelenkwellen	26
4.2.8	Frontzapfwelle	29
4.2.8.1	Technische Anforderungen	29
4.2.8.2	Einteilung der Zapfwellentypen.....	31
4.2.8.3	Abstand zwischen Zapfwelle und Kupplungspunkten	31
4.2.8.4	Anordnung der Zapfwelle	32
4.2.8.5	Freiraum um die Zapfwelle.....	33
4.2.8.6	Schutzeinrichtung der Zapfwelle.....	34
4.2.9	Gestaltung und Ausführung der Antriebswelle.....	35
4.2.9.1	Einbauausführungen der Antriebswellen	35
4.2.9.2	Auslegung	36
5.	Berechnung der Geometrie und der Hubwerkskräfte.....	37
5.1	Geometrieberechnungen	37
5.1.1	Berechnung des Hubwerkswinkels α (Hubwerk in unterster Position)	38
5.1.2	Berechnen der optimalen Oberlenkerlänge \hat{l}_t	42
5.1.3	Berechnung des Mast-Neigungswinkels γ	44
5.1.4	Berechnung des Oberlenker-Neigungswinkels β	47
5.2	Kräfteberechnungen	49
5.2.1	Berechnung der Hydraulikzylinderkräfte	49
5.2.2	Berechnung der Kräfte an den Unterlenkerkugeln und im Geräteschwerpunkt.....	50
6.	Vergleich der Hubwerke	53
6.1	Allgemeiner Vergleich zwischen Hubwerk A und Hubwerk B in Bezug auf.....	54
	Anlenkpunkte Abstand zur Vorderachse, Hubbereich und Hubkräfte	54
6.1.1	Hubhöhe „ l_{BE} “	54
6.1.2	Max. Abstand von Mitte Vorderachse (MVA) zu Unterlenkerkugeln (BE).....	55
6.1.3	Abstand von Mitte Vorderachse (MVA) zum Unterlenker-Anlenkpunkt (PLF) ... in X- und Y-Richtung.....	56
6.1.4	Maximal einsetzbare Hubkräfte Unterlenkerkugeln	56

6.2	Vergleich der Kinematik von Hubwerk A und Hubwerk B	57
6.2.1	Hubwerk A	57
6.2.2	Hubwerk B	61
6.2.2.1	Oberlenkeranlenkpunkt TL ₁	61
6.2.2.2	Oberlenkeranlenkpunkt TL ₂	65
6.2.3	Bewertung.....	69
6.2.3.1	Masthöhe 510 mm	69
6.2.3.2	Masthöhe 610 mm	69
6.2.3.3	Masthöhe 660 mm	70
6.3	Überprüfung der Unterlenker in Parkposition.....	71
6.4	Vorderachsbelastung	72
7.	Vergleich der Gelenkwellen und Zapfwellensituation	73
7.1	Zapfwellenposition	73
7.2	Gelenkwellenabwinkelung	75
7.2.1	Arbeitsgerät auf dem Boden abgesenkt.....	75
7.2.2	Arbeitsgerät angehoben	76
7.2.3	Möglicher Hubbereich bis zum Erreichen der zulässigen Ungleichförmigkeit	78
7.3	Bewertung der Gelenkwellenabwinkelung	79
7.3.1	Arbeitsgerät auf dem Boden abgesenkt.....	79
7.3.2	Arbeitsgerät angehoben	79
7.3.3	Arbeitsgerät unter Bodenniveau	80
8.	Problemlösungsansatz	81
9.	Zusammenfassung.....	87
	Literaturverzeichnis.....	89

Selbständigkeitserklärung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bauteile eines Dreipunktanbaus	5
Abbildung 2: Abstand von der Zapfwelle zu den unteren Kupplungspunkten [DIN ISO 730-1: 1997-05 Seite 5].	10
Abbildung 3: Abmessung der Kupplungspunkte [DIN ISO 730-1: 1997-05 Seite 6].	11
Abbildung 4: Hubwerk und Vorderachsbock als Einheit	15
Abbildung 5: Hubwerk und Vorderachsbock als geteilte Variante	16
Abbildung 6: geteilte Variante: Hubwerk, Vorderachsträger und Distanzblock	17
Abbildung 7: Ausführung der Unterlenker	18
Abbildung 8: Schwenkwinkel quer zur Fahrtrichtung	19
Abbildung 9: Pendelsituation Oberlenker	20
Abbildung 10: Unterlenkerschwingenposition bei angehobenem Hubwerk	21
Abbildung 11: Anlenkpunkt Unterlenkerschwinge	22
Abbildung 12: Abschleppeinrichtung	24
Abbildung 13: Bauformen der Gelenkwellen	25
Abbildung 14: Kinematik der Kreuzgelenkwelle [Nienhaus, Wilks, 1997, S.13]	27
Abbildung 15: Darstellung der Ungleichförmigkeit in Abhängigkeit zum Beugewinkel	27
Abbildung 16: Hubkurve Anbaugerät [Nienhaus, Wilks, 1997, S.35].	28
Abbildung 17: Zapfwellenkomponenten	29
Abbildung 18: Abstand zwischen Unterlenker-Kupplungspunkten und Zapfwelle	32
Abbildung 19: Anordnung der Zapfwelle [ISO 500-1: 2004 (E)]	32
Abbildung 20: Freiraum der Zapfwellenumgebung, [DIN ISO 8759-1: 1999-10]	33
Abbildung 21: Gestaltung des Zapfwellenschutzes, [DIN ISO 8759-1: 1999-10]	34
Abbildung 22: Hubwerkskizze mit Winkelangaben	38
Abbildung 23: Versatz o_{PR} und d_{PR} des Zylinderlager, Winkel β_5	38
Abbildung 24: Position Zylinderlagerung, Winkel β_4	39
Abbildung 25: Kolbenstangen- und Zylinderlager, Länge l_c und l_{pr} , Winkel β_1	40
Abbildung 26: Mast und Unterlenkerposition	42
Abbildung 27: Oberlenkerauslegung	43
Abbildung 28: Hubwerksgeometrie, Längen Winkelangaben.	44
Abbildung 29: Berechnung Winkel Θ_1	45
Abbildung 30: Berechnung Winkel Θ_2	46
Abbildung 31: Oberlenker-Neigungswinkel β	47
Abbildung 32: Abstand BE zum Boden	48
Abbildung 33: Hydraulikzylinder	49
Abbildung 34: Effektiver Abstand Zylinderlagerung	50

Abbildung 35: Darstellung Unterlenker mit Schwinge.....	51
Abbildung 36: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk A, Masthöhe 510.....	58
Abbildung 37: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk A, Masthöhe 610.....	59
Abbildung 38: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk A, Masthöhe 660.....	60
Abbildung 39: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk B, Masthöhe 510, TL ₁	62
Abbildung 40: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk B, Masthöhe 610, TL ₁	63
Abbildung 41: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk B, Masthöhe 660, TL ₁	64
Abbildung 42: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk B, Masthöhe 510, TL ₂	66
Abbildung 43: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk B, Masthöhe 610, TL ₂	67
Abbildung 44: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk B, Masthöhe 660, TL ₂	68
Abbildung 45: Fanghaken ragt in den Lichtkegel.....	71
Abbildung 47: Lichtverhältnisse bei abgesenkten Unterlenkern	71
Abbildung 46: Lichtverhältnisse bei Unterlenker in Parkposition	71
Abbildung 48: Lageplan	72
Abbildung 49: Position Zapfwelle Hubwerk A	75
Abbildung 50: Position Zapfwelle Hubwerk B	74
Abbildung 51: Hubwerk A, Gelenkwellensituation mit abgesenktem Mähwerk	76
Abbildung 52: Hubwerk B, Gelenkwellensituation mit abgesenktem Mähwerk	76
Abbildung 53: Hubwerk A, Gelenkwellensituation mit angehobenem Mähwerk.....	77
Abbildung 54: Hubwerk B, Gelenkwellensituation mit angehobenem Mähwerk.....	77
Abbildung 55: Vergleich Unterlenker	81
Abbildung 56: Oberlenker-Anlenkpunkte	82
Abbildung 57: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk B, Masthöhe 510, TL _{neu}	84
Abbildung 58: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk B, Masthöhe 610, TL _{neu}	84
Abbildung 59: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk B, Masthöhe 660, TL _{neu}	85

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abmessungen der Kupplungspunkte [DIN ISO 730-1: 1997-05 Seite 7].	12
Tabelle 2: Einteilung der Kategorien nach Zapfwellenleistung [DIN ISO 730-1: 1997-05] ...	13
Tabelle 3: Zapfwellentypen [ISO 500-1: 2004 (E)].	31
Tabelle 4: Abmessungen für den Zapfwellenfreiraum [DIN ISO 8759-1: 1999-10]	33
Tabelle 5: Abmessungen des Zapfwellenschutzes, [DIN ISO 8759-1: 1999-10]	35
Tabelle 6: Auswertung der Hubpositionen, Hubwerk A	57
Tabelle 7: Auswertung der Hubpositionen, Hubwerk B	61
Tabelle 8: Auswertung der Hubpositionen, Hubwerk B, TL ₂	65
Tabelle 9: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk B, Masthöhe 510, TL ₁	83

Abkürzungsverzeichnis

a	Abstand Unterlenkerkugel zum Anlenkpunkt-Oberlenker
A	Fläche
b	Abstand Unterlenker-Schwingen-Drehpunkt zum Anlenkpunkt-Oberlenker
BE	Mitte Unterlenkerkugel (Unterlenker-Kuppelpunkt)
bzw.	beziehungsweise
CAD	Computer Aided Design
CG	Hubkraft im Geräteschwerpunkt
d	Durchmesser Kolbenstange
D	Durchmesser Zylinder
dh	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung
\hat{d}_{PR}	effektiver radialer Abstand zum unteren Zylinderlager
d_{PR}	radialer Abstand zum unteren Zylinderlager (Gerade vom Schwingen-Drehpunkt zur Unterlenker-Kugel)
F_1	Hydraulikzylinder-Kolbenkraft drücken
F_2	Hydraulikzylinder-Kolbenkraft senken
F_{FG}	Gewichtskraft Frontgerät
F_{GVW}	Gewichtskraft Traktor
F_h	resultierende Hydraulikzylinderkraft
F_{HA}	Gewichtskraft in der Hinterachse
F_{hx}	Hydraulikzylinderkraft in x-Richtung
F_{hy}	Hydraulikzylinderkraft in y-Richtung
F_{VA}	Gewichtskraft in der Vorderachse
F_x	Kraft in x-Richtung
F_{x4}	Kraft in x-Richtung in der Unterlenker-Schwingenlagerung
F_y	Kraft in y-Richtung
F_{y3}	Hubkraft an den Unterlenkerfanghaken
F_{y4}	Kraft in y-Richtung in der Unterlenker-Schwingenlagerung
Hubwerk B/TL ₂	Hubwerk B bei Oberlenkeranlenkpunkt TL ₂
Hubwerk B/TL _{neu}	Hubwerk B bei Oberlenkeranlenkpunkt TL _{neu}

ISO.....	International Organisation for Standardisation
kW.....	Kilowatt
l_1	Abstand Vorderachse zu Hinterachse
l_2	Abstand Frontgewicht zur Vorderachse
l_{BE}	Abstand vom Boden zum Unterlenkerkugelmittelpunkt
l_C	Abstand Unterlenkerlagerung zur Zylinderlagerung
l_{CG}	Abstand Geräteschwerpunkt zur Unterlenker-Kugel
l_l	Unterlenkerlänge
l_{PR}	Abstand Unterlenkerlagerung zur Kolbenstangenlagerung
l_t	Oberlenkerlänge
\hat{l}_t	Optimale Oberlenkerlänge
m	Masthöhe
M	Moment
max.	Maximum
min.	Minimum
MVA.....	mittlere Vorderachse
n	Hydraulikzylinderanzahl
Nm	Newtonmeter
OPR	Versatz des unteren Zylinderlagers zur Geraden vom Schwingen-Drehpunkt zur Unterlenker-Kugel).
p	Hydraulikdruck
PLF.....	Unterlenkerlagerung
r	Radius
s	Länge Hydraulik-Zylinder
S.	Seite
TL.....	Oberlenkeranbaupunkt am Hubwerk allgemein
TL_1	oberer Oberlenkeranbaupunkt bei Hubwerk B
TL_2	unterer Oberlenkeranbaupunkt bei Hubwerk B
TLI.....	Oberlenkeranbaupunkt am Arbeitsgerät
TL_{neu}	unterer Oberlenkeranbaupunkt bei Hubwerk B (Lösungsansatz)
U.....	Ungleichförmigkeit der Gelenkwelle
usw.	und so weiter
x_{BE}, y_{BE}	Koordinaten Unterlenkerkugeln

x_C, y_C	Position des oberen Zylinderlagers
x_{LF}, y_{LF}	Position des Unterlenker-Schwingen-Drehpunkts
x_t, y_t	Position Oberlenker-Anlenkpunkt
x_{TLI}, y_{TLI}	Position Oberlenker-Geräteanhängpunkt
z_B	zum Beispiel
α	Hubwinkel-Unterlenker
α_c	Winkel
β	Oberlenkerwinkel
$\beta_{1,2,3,4,5}$	Winkel
γ	Neigungswinkel-Mast
δ	Winkel
$\Theta_{1,2}$	Winkel
Σ	Summe
ω_1	Winkelgeschwindigkeit der äußeren Gelenkwellengabel antriebsseitig
ω_2	Winkelgeschwindigkeit der inneren Gelenkwellengabel antriebsseitig
ω_3	Winkelgeschwindigkeit der äußeren Gelenkwellengabel – getriebene Seite
ω_4	Winkelgeschwindigkeit der inneren Gelenkwellengabel – getriebene Seite

1. Einleitung

CNH gehört weltweit zu den größten Herstellern von Fahrzeugen und Maschinen für die Landwirtschaft und die Baubranche. CNH mit Sitz in Amsterdam wurde 1999 bei der Zusammenlegung von Unternehmen, die Fiat gehören, aus der Fusion von Case Corporation und New Holland gegründet. Derzeit beschäftigt die Firma ca. 30.000 Personen und hat ein weltweites Netzwerk von ca. 11.300 Händlern in 170 Ländern. Die 37 Produktionsstätten befinden sich in Europa, Nordamerika, Lateinamerika und Asien [www1].

Die Europazentrale von CNH befindet sich im niederösterreichischen St. Valentin, wo CASE- und STEYR-Traktoren entwickelt und produziert werden. Der erste STEYR-Traktor lief 1947 aus den Produktionswerkstätten der Steyr-Daimler-Puch AG in Steyr vom Band. Bis 1990 wurden dort die STEYR-Traktoren produziert, dann erfolgte die Ausgliederung der Traktorsparte aus dem Steyr-Daimler-Puch-Konzern in die Steyr Landmaschinentechnik GmbH mit Sitz in St. Valentin. 1996 wurde die Steyr Landmaschinen AG vom Traktorhersteller Case Corporation übernommen und in CASE STEYR Landmaschinentechnik umbenannt. Seit der Fusion von Case Corporation und New Holland 1999 ist STEYR in den CNH-Konzern eingegliedert, wobei die Traktormarke STEYR erhalten blieb. 2006 wurde das Werk in St. Valentin die Europazentrale für CASE IH und Steyr. Am Standort St. Valentin werden Standardtraktoren im PS-Bereich von 80 bis 225 PS für Europa, Afrika, Asien und Australien gebaut [www2], [Bauer, 2003, S. 320-323].

Der Traktor gehört als Allround-, Zug- und Arbeitsmaschine für diverse Front- und Heckanbaugeräte zu den wichtigsten Maschinen auf landwirtschaftlichen Betrieben. Für den Anbau der verschiedenen Arbeitsgeräte benötigt der Traktor eine Reihe an Schnittstellen bzw. Verbindungsstellen. Durch zahlreiche Normen, die den laufend ändernden Anforderungen angepasst werden, wird sichergestellt, dass die Koppelung mit diversen Geräten möglich ist [Meiners, 1997, S.142], [Eberle, 2003, S. 5].

2. Aufgabenstellung

Im Zuge eines Lieferantenwechsels wurde ein neues Fronthubwerk für Traktoren der Klasse 120 bis 165 kW in Zusammenarbeit mit dem neuen Lieferanten entwickelt, der aus mehreren Gründen erforderlich war:

Zum einen sollte die Konstruktion des neuen Hubwerks so geändert werden, dass es an der Vorderseite in den Fahrzeugrumpf bzw. in den Vorderachsträger (unterhalb der Motorhaube) eingearbeitet wird und nicht wie es beim derzeitigen Hubwerk der Fall ist, an der Vorderseite am Vorderachsträger (vor der Motorhaube) als eigenständige Komponente angeflanscht ist. Dadurch wird der Schwerpunkt der Anbaugeräte näher an die Vorderachse gebracht werden, was einerseits die Vorderachse mehr entlastet und andererseits wird eine bessere Stabilität und Wendigkeit des Traktors damit erreicht.

Zum anderen sollte das neue Hubwerk kostengünstiger als das Vorgängermodell sein.

Das Ziel der Diplomarbeit ist es, das derzeitige Hubwerk mit dem neu entwickelten Prototypen in Hinblick auf Hubwerkskinematik, Hubwerkskräfte, Geometrie, Hubbereich, Hubhöhe, Unterlenkerkuppelpunkte, Vorderachsbelastung, Zapfwellenposition und Gelenkwellenabwinkelung zu analysieren und zu bewerten, um eventuell daraus folgend notwendige Korrekturen bzw. Verbesserungen vornehmen zu können.

Mittels CAD und dem Hubwerks-Berechnungsprogramm werden die beiden Hubwerke bei den vorgegebenen Masthöhen von 510, 610 und 660 gegenübergestellt und an den verschiedenen Hubhöhen miteinander verglichen: Da der neue Hubwerksprototyp zwei Oberlenker-Anlenkpunkte hat (das derzeitige Hubwerk hat nur einen Oberlenker-Anlenkpunkt), wird die Untersuchung mit den verschiedenen Masthöhen auch an beiden Oberlenker-Anlenkpunkten gemacht. Zur besseren Übersicht wird der Hubbereich der beiden Hubwerke jeweils in zehn gleiche Teile aufgeteilt; dadurch können die zu untersuchenden Punkte besser verglichen werden. Die Auswertungen der Hubwerkskinematik mit den verschiedenen Masthöhen und Oberlenker-Anlenkpunkten werden in der Arbeit

graphisch dargestellt sowie die Werte der Berechnungen in Tabellenform zusammengefasst.

3. Beschreibung und Anforderungen eines Dreipunktanbaus

3.1 Allgemein:

Das an die Rückseite des Traktors angebaute Hubwerk wird als Heckhubwerk bezeichnet, bei einem an die Front des Traktors angebauten Hubwerk spricht man von einem Fronthubwerk. Allgemein werden diese Hubwerke als Dreipunktanbau bezeichnet, weil die Arbeitsgeräte am Traktor an drei Punkten befestigt werden.

Die Grundlage für das Dreipunkthubwerk ist auf die Idee des nordirischen Landwirts Harry Ferguson zurückzuführen, der in den 1920er Jahren die ersten Traktoranbaugeräte baute, die per Hand und mit Federunterstützung gehoben werden konnten. Mit der Erfindung der Dreipunktaufhängung schuf er eine feste Verbindung zwischen Traktor und Arbeitsgeräte [Heinrich Lift; 1992, S. 232].

Laut Hesse sind Front- und Heckhubwerke die ältesten und wichtigsten Arbeitsfunktionen am Traktor. Anfangs konnten die Anbaugeräte mit dem Hubwerk nur angehoben und abgesenkt werden. Das von Harry Ferguson entwickelte Dreipunkt-Hubwerk wurde in den 1930er Jahren zu einem kraftgesteuerten Hubwerksystem weiterentwickelt. So konnte durch Verbesserung der Traktion der Antriebsräder eine bessere Zugleistung erreicht werden. Später, in den 1980er Jahren wurden elektronisch-hydraulische Hubwerksregelungen entwickelt und in den Markt eingeführt, die auch auf die Grundidee von Harry Ferguson zurückgehen. Mit diesen Regelungssystemen stehen dem Landwirt eine Vielzahl an weiteren nützlichen Funktionen und Einstellmöglichkeiten zur besseren Nutzung des Dreipunkt-Hubwerks zur Verfügung. Diese Entwicklung des Hubwerksystems mit den Funktionen Heben, Senken, Tragen, automatische Tiefenregelung, Schwimmstellung und Lageregelung wurde richtungsweisend für die gesamte Traktorentwicklung [Mettner, 2004, S. 4].

3.2 Definitionen und Bauteile:

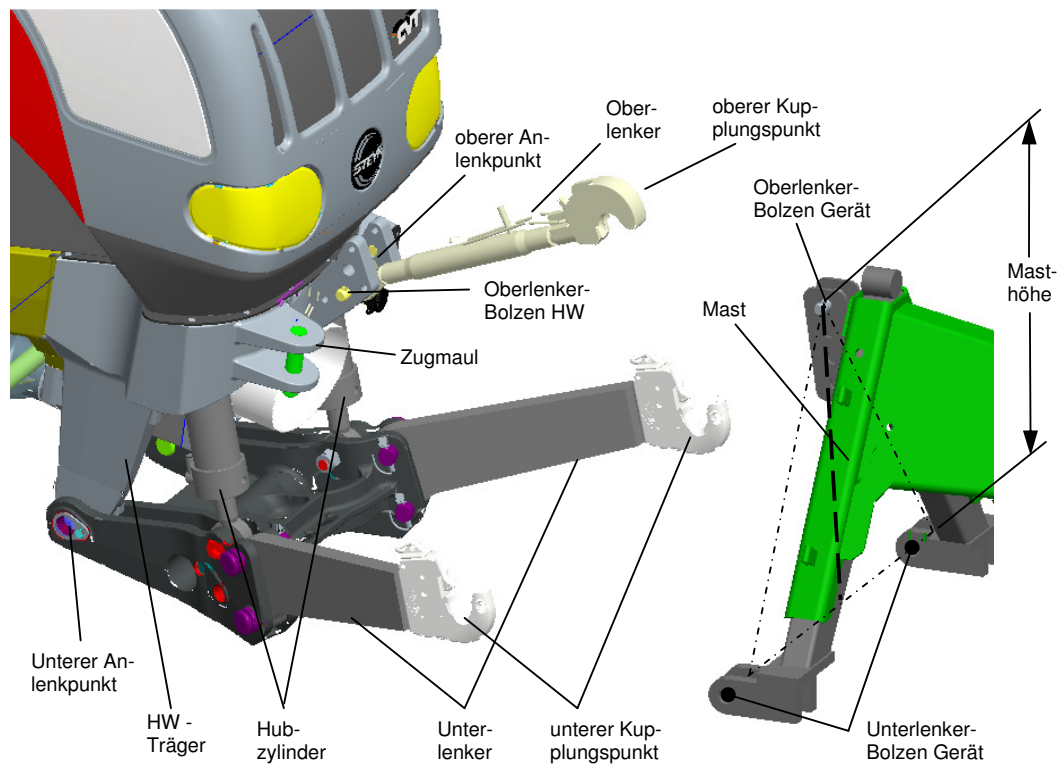


Abbildung 1: Bauteile eines Dreipunktanbaus

Anlenkpunkte:

Anlenkpunkte sind bewegliche Verbindungen. Beim Traktor gibt es einen oberen und zwei untere Anlenkpunkte. Diese drei Anlenkpunkte sind je einmal am Traktor und einmal am gegenüberliegenden Gerät angebracht (Abbildung 1) [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Kupplungspunkte:

Kupplungspunkte sind die beweglichen Verbindungen zwischen Oberlenker bzw. Unterlenker und Gerät (Abbildung 1) [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Traktorseitiger Anlenkpunkt:

Traktorseite Anlenkpunkte sind die beweglichen Verbindungen zwischen Oberlenker bzw. Unterlenker und Traktor (Abbildung 1) [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Dreipunkt-Kuppler:

Dreipunkt-Kuppler sind Einrichtungen zur Erleichterung des Ankuppelvorgangs, mit dem Geräte durch Hakenkuppler angekuppelt werden (Abbildung 1) [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Oberlenker:

Ein Oberlenker ist die obere Verbindungsstrebe zwischen Traktor und Anbaugerät mit einer an beiden Enden beweglichen Verbindung (Abbildung 1) [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Unterlenker:

Unterlenker sind die unteren Verbindungsstreben zwischen Traktor und Anbaugerät mit an beiden Enden beweglichen Verbindungen (Abbildung 1) [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Oberer Kupplungspunkt:

Der obere Kupplungspunkt ist die bewegliche Verbindung zwischen Oberlenker und Anbaugerät (Abbildung 1) [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Unterer Kupplungspunkt:

Der untere Kupplungspunkt ist die bewegliche Verbindung zwischen Unterlenker und Anbaugerät (Abbildung 1) [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Oberer traktorseitiger Anlenkpunkt:

Dabei handelt es sich um die bewegliche Verbindung zwischen Oberlenker und Traktor (Abbildung 1).

Der obere traktorseitige Anlenkpunkt muss so angeordnet sein, damit ein Transportwinkel von -3° bis $+3^{\circ}$ erreicht wird bzw. bei der Standard-Masthöhe ein Winkel von $+10^{\circ}$ bis $+15^{\circ}$ [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Unterer traktorseitiger Anlenkpunkt:

Der untere traktorseitige Anlenkpunkt ist die bewegliche Verbindung zwischen den Unterlenkern und dem Traktor (Abbildung 1) [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Oberer geräteseitiger Anschlussteil:

Oberer geräteseitiger Anschlussteil ist der Verbindungsbolzen, der den Oberlenker mit dem Anbaugerät verbindet (Abbildung 1) [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Untere geräteseitiger Anschlusssteile:

Die unteren geräteseitigen Anschlusssteile sind die Verbindungsbolzen, die die Unterlenker mit dem Anbaugerät verbinden (Abbildung 1) [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Obere traktorseitige Befestigung:

Die obere traktorseitige Befestigung ist der Verbindungsbolzen, der den Oberlenker mit dem Traktor verbindet (Abbildung 1) [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Klappstecker:

Der Klappstecker dient zum Sichern der Verbindungsbolzen, der aus einem Stift und einem Federsicherungsring besteht (Abbildung 1) [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Hubzylinder:

Die zwei Hubzylinder übertragen die Kraft zum Heben und Senken auf die Unterlenker (Abbildung 1) [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Mast:

Der Mast ist der Bauteil, durch den die Lage des oberen geräteseitigen Kupplungspunkt festgelegt wird (Abbildung 1) [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Masthöhe:

Die Masthöhe ist der vertikale Abstand der gemeinsamen Achse der unteren Kupplungspunkte von Gerät und Unterlenker (Abbildung 1) [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Höhe des unteren Kupplungspunktes:

Diese Höhe ist der Abstand von den unteren geräteseitigen Kupplungspunkten zum Boden, wenn die Unterlenker vollständig abgesenkt sind, unter Ausnutzung sämtlicher vorgesehen Einstellmöglichkeiten [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Niveaueinstellung/Neigungseinstellbereich:

Dabei handelt es sich um die Beweglichkeit der unteren Kupplungspunkte in vertikaler Richtung (jeweils der eine oder der andere Kupplungspunkt kann höher oder tiefer liegen), sodass eine Neigung des Gerätes ermöglicht wird, verglichen mit Unterlenkern in horizontaler Position [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Lichte Weite der unteren Kuppelpunkte:

Ist der Abstand zwischen dem Bund der Unterlenkerbolzen, gegen den die Seiten der Gelenkskugeln der Unterlenker stoßen [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Bewegungsbereich / Hubbereich:

Der Bewegungsbereich bzw. Hubbereich ist der Weg, den die unteren Kupplungspunkte in vertikaler Richtung entsprechend des Krafthebers machen, ohne dabei eine Einstellung an den Hubarmen vorzunehmen [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Transporthöhe:

Die Transporthöhe ist die höchste mögliche Position über dem Boden, die durch hydraulisches Heben der unteren Kupplungspunkte erreicht werden kann, inklusive der Nutzung aller vorgesehenen Einstellmöglichkeiten. Die Unterlenker stehen dabei in waagrecht Lage über dem Boden [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Anstellwinkel / Mastneigungswinkel:

Der Anstell- bzw. Mastneigungswinkel ist der positive Winkel des Mastes in vertikaler Richtung betrachtet gegen den Urzeigersinn, ausgehend von der linken Traktorseite [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Masteinstellung:

Gemessen wird die Masteinstellung in maximaler und minimaler Höhe der unteren Kupplungspunkte über dem Boden. Beim Einstellbereich des Anstellwinkels wird von einer vertikalen Ebene ausgegangen. Der Mast soll bei Benutzen der spezifizierten Masthöhe eine Neigung - ausgehend von der Senkrechten - zwischen $+5^\circ$ und -5° erreichen können [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Der Anstellwinkel des Anbaugerätes wird durch die Neigungsverstellung des Mastes reguliert. Die Masteinstellung wird aufgrund Festlegens des Mindestlängenverstellbereichs des Oberlenkers in Bezug auf die Anlenkpunkte durch den Traktorkonstrukteur spezifiziert. Dadurch hat auch der Gerätekonstrukteur die Möglichkeit, die Arbeitstiefe des Anbaugerätes festzulegen, die mit Verstellen des Anstellwinkels erreichbar ist.

3.3 Einteilung des Dreipunktanbaues in Kategorien:

Das Hubwerk ist die Schnittstelle zwischen Traktor und Arbeitsgerät. Um die freie Austauschbarkeit von Anbaugerät und Zugmaschine zu gewährleisten, wurde der Heck-Dreipunktanbau hinsichtlich Abmessungen und Anforderungen der Anlenkpunkte, Hubwerksgestänge, Bolzen, Freiräume, Transporthöhe usw. in der Norm DIN ISO 730-1 standardisiert und in vier Kategorien eingeteilt (Abbildung 2 bis 4, und Tabelle 1) [Eichhorn, 1999, S. 121-122].

Welche Kategorie zur Anwendung kommt, ist abhängig von der Zapfwellenleistung des Traktors (Tabelle 2) [DIN ISO 730-1: 1997-05].

Für den Front-Dreipunktanbau sind nach der Norm DIN 9612-2 auch die in der Norm DIN ISO 730-1 beschriebenen Kategorien anzuwenden [DIN 9612-2: 1989-05].

Die Werte in den nachfolgenden Abbildungen 2 bis 4 dargestellten Abmessungen sind in der Tabelle 1 angegeben.

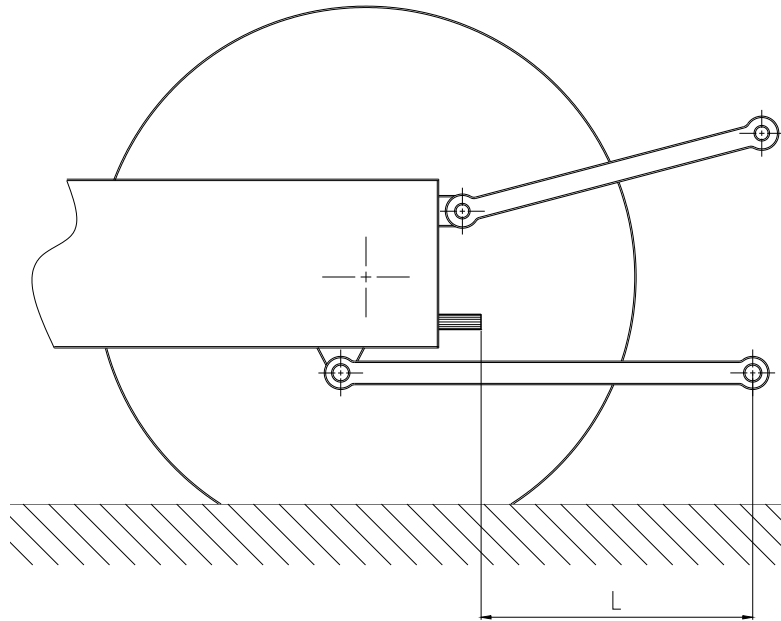


Abbildung 2: Abstand von der Zapfwelle zu den unteren Kupplungspunkten [DIN ISO 730-1: 1997-05, Seite 5]

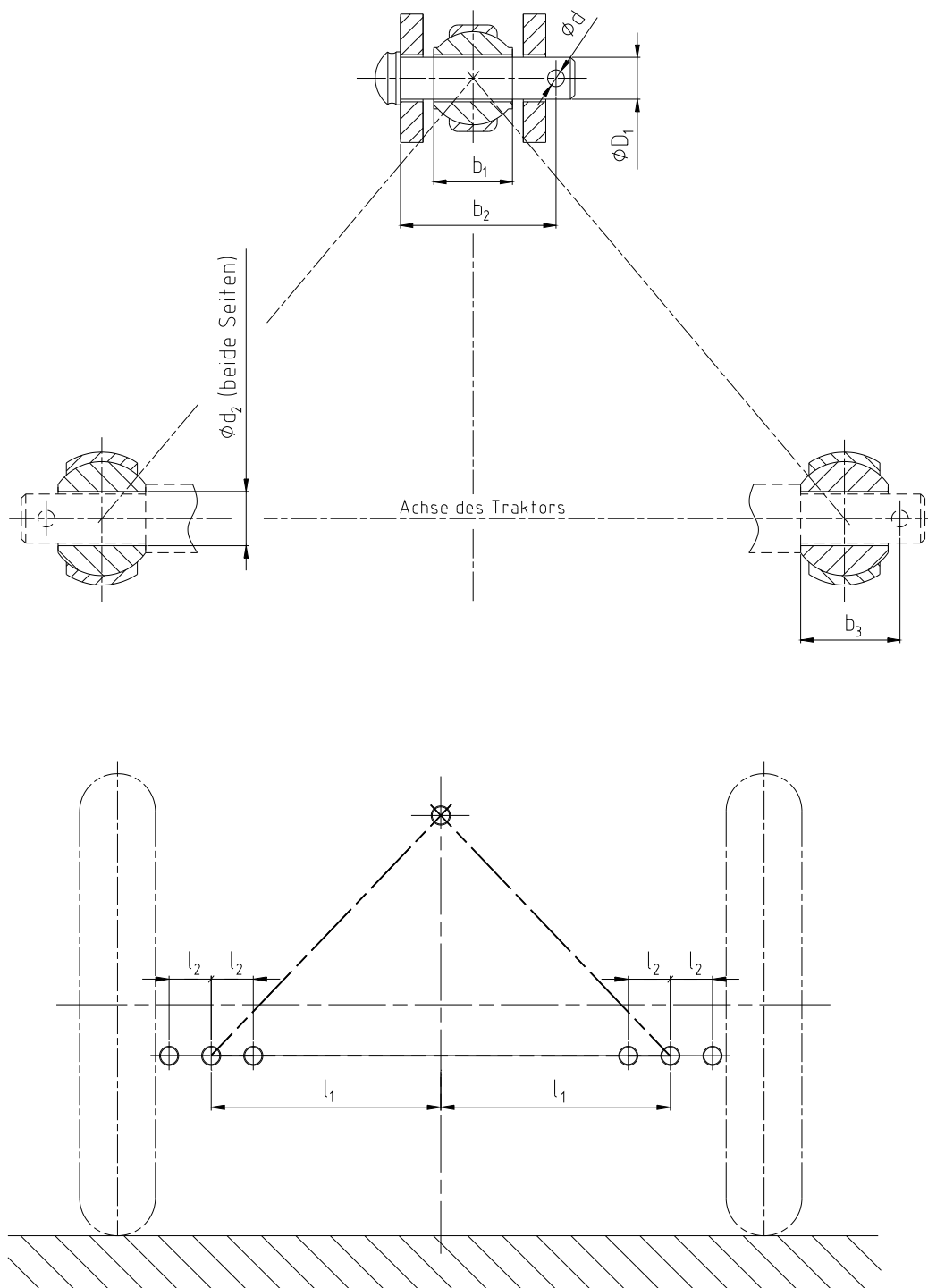


Abbildung 3: Abmessung der Kupplungspunkte [DIN ISO 730-1: 1997-05, Seite 6]

Abmes- sung	Beschreibung	siehe Abbil- dung	Kategorie				
			1	2	3	4L	4H
Oberer Oberlenkerpunkte							
D ₁	Durchmesser des Oberlenker- bolzens	3	19 ⁰ _{-0.08}	25,5 ⁰ _{-0.13}	31,75 ⁰ _{-0.2}	45 ⁰ _{-0.8}	45 ⁰ _{-0.8}
b ₁	Breite der Kugel	3	44 max	51 max.	51 max.	64 max.	64 max.
b ₂	Abstand der Bohrung für Kappstecker	3	76 min.	93 min.	102 min.	140 min.	140 min.
Unterer Kupplungspunkt							
d ₂	Durchmesser des Unterlenker- bolzens	3	22,4 ^{+0,25} ₀	28,7 ^{+0,3} ₀	37,4 ^{+0,35} ₀	51 ^{+0,5} ₀	51 ^{+0,5} ₀
b ₃	Breite der Kugel	3	35 ⁰ _{-0.2}	45 ⁰ _{-0.2}	45 ⁰ _{-0.2}	57,5 ⁰ _{-0.5}	57,5 ⁰ _{-0.5}
l ₁	Seitlicher Ab- stand des un- teren Kupp- lungspunktes zur Längsmittel- ebene des Traktors ¹⁾	3	359	435	505	610 oder 612	610 oder 612
l ₂	Seitliche Be- weglichkeit des unteren Kupplungs- punktes	3	100 min.	125 min.	125 min.	130 min.	130 min.
L	Abstand vom Zapfwellenend e zum Mittelpunkt des unteren Kupplungs- punktes bei horizontalem Unterlenker ²⁾³⁾	2	500 bis 575	550 bis 625	575 bis 675	575 bis 675	610 bis 670
¹⁾ Es ist möglich, diese Abmessungen für spezielle Geräte zu verändern. Wenn ein geringerer Abstand zwischen den unteren Kupplungspunkten notwendig ist, sind die folgenden Werte zu bevorzugen: 218 mm für Kategorie 1; 364 mm für Kategorie 2; 435 mm für Kategorie 3; 489 mm für Kategorie 4.							
²⁾ Wenn ein Dreipunkt-Kuppler verwendet wird, kann die Abmessung L entsprechend verringert werden, sodass der Abstand zwischen Zapfwelle und der Antriebswelle gleich bleibt.							
³⁾ Die Abmessungen werden nur angewandt bei Gelenkwellen mit 35 mm Nenndurchmesser und sollen um 100 mm erhöht werden, wenn eine Gelenkwelle mit 45 mm Nenndurchmesser verwendet wird.							

Anmerkung: alle Werte in mm

Tabelle 1: Abmessungen der Kupplungspunkte [DIN ISO 730-1: 1997-05 Seite 7]

3.4 Austauschbarkeit innerhalb der Kategorien:

Durch entsprechende Konstruktion der Unterlenker oder durch Verwendung von doppelseitig gestalteten Unterlenkerbolzen muss gewährleistet sein, dass Geräte der Kategorie 1 auch an das Hubwerksgestänge der Kategorie 2 bzw. umgekehrt angebaut werden können. Das Gleiche gilt auch für die Kategorie 2 und 3.

3.5 Auswahl der Hubwerkskategorien:

Welche Kategorie zur Anwendung kommt, wird nach der Zapfwellenleistung des Traktors ausgewählt (Tabelle 2).

Kategorie	1	2	3	4
Leistung der Zapfwelle bei Motornenndrehzahl	bis 48 kW	bis 92 kW	80 bis 185 kW	150 bis 350 kW

Tabelle 2: Einteilung der Kategorien nach Zapfwellenleistung [DIN ISO 730-1: 1997-05]

4. Allgemeine Grundlagen zur Entwicklung eines Fronthubwerks

4.1 Konstruktive Ausführungen, die bei CNH zur Anwendung kommen:

4.1.1 In den Traktorrumpf integrierte Fronthubwerke:

4.1.1.1 Einheitsträger-System - Hubwerksträger in Vorderachsbock integriert

Der Vorderachs- und Hubwerksträger bilden hier eine Einheit und sind unter der Motorhaube platziert. Das Hubwerk ist somit im Traktorrumpf integriert, dh nicht nur die Vorderachs- mit Vorderachsfederungskomponenten und dem gesamten Kühlerpaket wird von diesem Einheitsträger aufgenommen, sondern auch die Komponenten für das Hubwerk wie Ober-, Unterlenkeranbaupunkte, Hubzylinder, Hubzylinderlagerung und Frontzapfwellen sind in den Vorderachsträger integriert. Befestigt ist der Einheitsträger an der vorderen Motorflanschflächen und schließt nach oben dichtend mit der Motorhaube ab (siehe Abbildung 4: die roten Pfeile kennzeichnen die Motorhaubenauflage).

Der Vorteil dieser Konstruktion ist, dass der Vorderachsträger mit dem integrierten Hubwerk eine kompakte Einheit bildet, die Vorderachse besser entlastet wird, da der Schwerpunkt der Anbaugeräte näher an die Vorderachse liegt und dadurch eine bessere Stabilität und Wendigkeit des Traktors erreicht wird.

Der Nachteil ist, dass mit dem Einheitsträger-System zwei Vorderachsträger-Einheiten notwendig sind: Eine Vorderachsträger-Einheit mit integriertem Hubwerksträger und eine Vorderachsträgereinheit mit integriertem Ballastgewichtsträger, wenn vom Kunden nur ein Ballastgewicht und kein Hubwerk gewünscht wird. Weiters werden bei einem nachträglichen Einbau eines Fronthubwerks dadurch beim Kunden höhere Montage- und Bauteilkosten verursacht, da die gesamte Vorderachsträgereinheit mit integriertem Ballastgewichtsträger ausgetauscht werden muss.

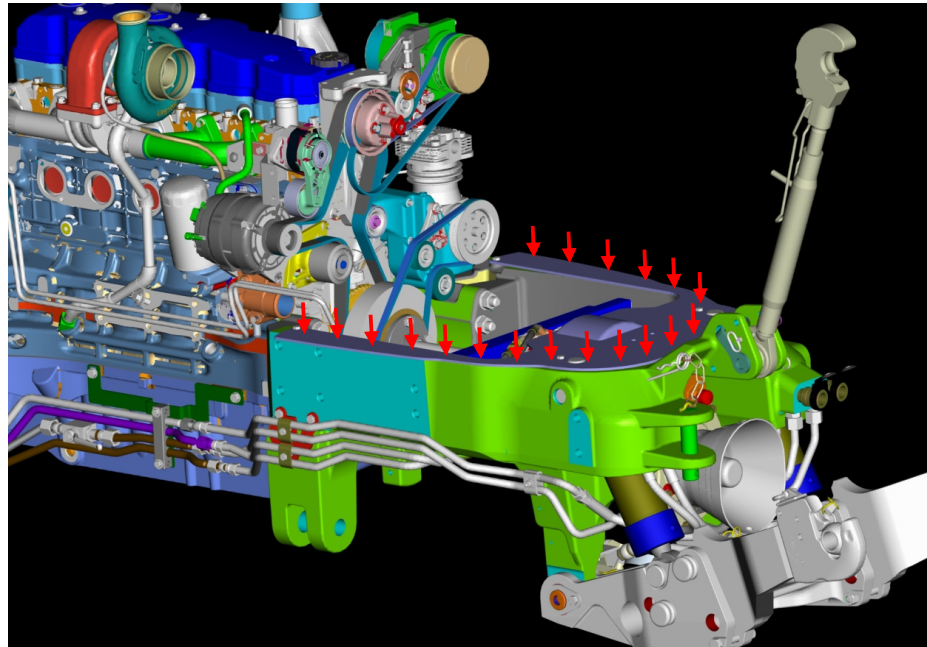


Abbildung 4: Hubwerk und Vorderachsträger als Einheit

4.1.1.2 Geteilte Variante - Hubwerksträger und Vorderachsträger getrennt

Bei dieser Variante bilden Hubwerksträger und Vorderachsträger keine gemeinsame Einheit, sondern sind zwei eigenständige Komponenten, die miteinander verschraubt werden. Der Hubwerksträger wird an der vorderen Flanschfläche des Vorderachsbock montiert bzw. wird am Traktor ohne Hubwerksausführung an der gleichen Flanschfläche der Ballastgewichtsträger anstatt des Fronthubwerks montiert. Beide Komponenten (Hubwerks- und Vorderachsträger) schließen nach oben mit der Motorhaube dichtend ab (Abbildung 5).

Vorteilhaft bei dieser Variante ist wie beim Einheitsträger-System die geringere Achsbelastung und verbesserte Wendigkeit. Der große Pluspunkt bei geteiltem Hubwerk ist, dass ein späterer Nachrüstwunsch des Kunden einfacher und mit weniger Zeitaufwand durchführbar ist. Es fallen insgesamt geringere Kosten für den Umbau aufgrund der geringeren Umbauzeit und geringeren Komponentenkosten an, da der Vorderachsträger nicht getauscht werden muss, sondern das Hubwerk anstelle des Ballastgewichtsträgers an den Vorderachsträger montiert wird.

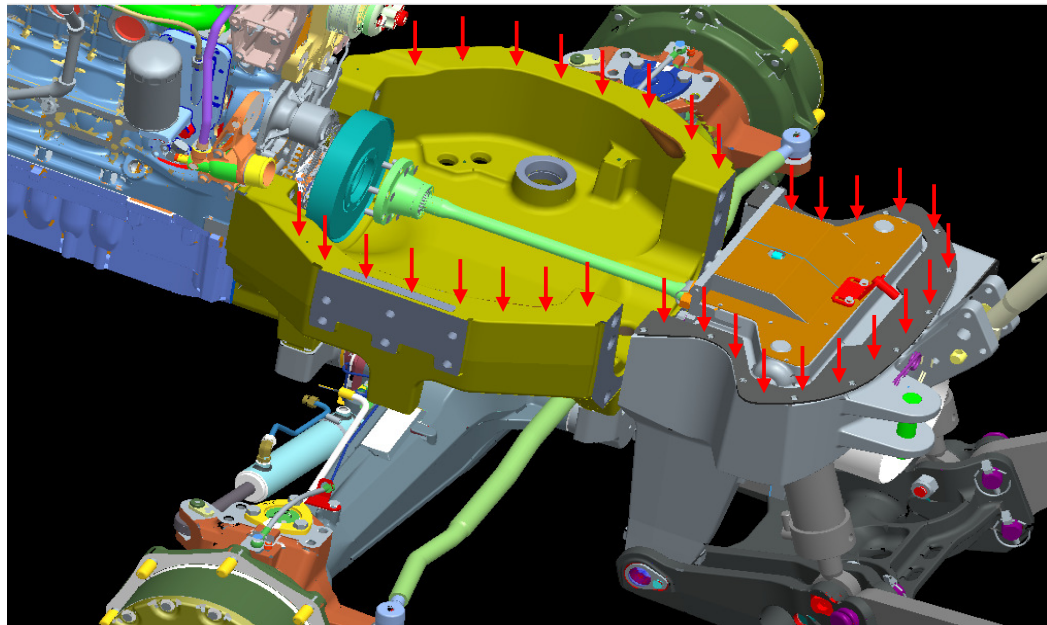


Abbildung 5: Hubwerk und Vorderachsträger als geteilte Variante

4.1.2 Vor der Motorhaube angebautes Fronthubwerk:

Das Hubwerk ist zusammen mit einem Distanzblock an die Flanschfläche des Vorderachsträgers montiert und liegt somit außerhalb der Motorhaube. Die roten Pfeile zeigen, dass die Motorhaube vorwiegend am Vorderachsträger und Distanzblock aufliegen (Abbildung 6).

Der Vorteil bei dieser Version ist, dass eine nachträgliche Montagewunsch des Kunden einfach, schnell und kostengünstiger als beim Einheitsträger-System durchführbar ist.

Der Nachteil im Vergleich zu den beiden vorherig beschrieben Varianten ist die größere Vorderachsbelastung, da das Hubwerk mit einem größeren Abstand zur Vorderachse montiert ist und daher auch der Schwerpunkt des Anbaugerätes weiter vorne liegt.

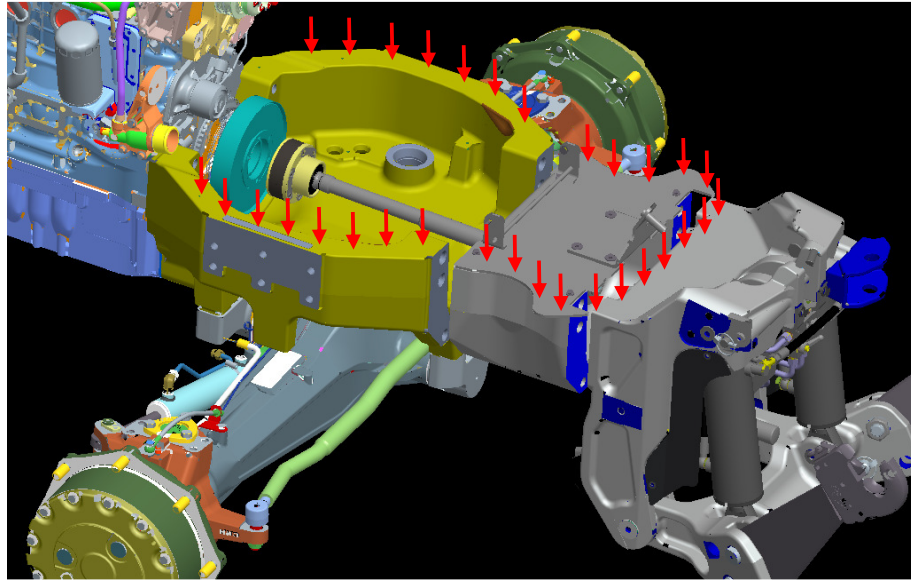


Abbildung 6: geteilte Variante: Hubwerk, Vorderachsträger und Distanzblock

4.2 Technische Anforderungen an das Hubwerk:

4.2.1 Ausführung der Unterlenker:

Die beiden Unterlenker sind mit je drei Bolzen am Hubwerk abgesteckt und haben die Aufgabe, das Anbaugerät an den unteren Kupplungspunkten mittels Fanghaken aufzunehmen. Gemeinsam mit der Unterlenkerschwinge führen sie über die Hydraulikzylinder die Hubbewegung durch.

Jeder Unterlenker verfügt über je zwei Bohrungen und je einem Langloch. Die obere Bohrung dient als Drehpunkt; mit der unteren Bohrung können zwei Positionen abgesteckt werden: einmal die fest eingestellte Arbeitsposition und einmal die Parkposition durch Hochklappen der Oberlenker. Durch Abstecken der Bolzen im Langloch wird die Pendelfunktion eingestellt, mit der Bodenunebenheiten ausgeglichen werden (Abbildung 7).

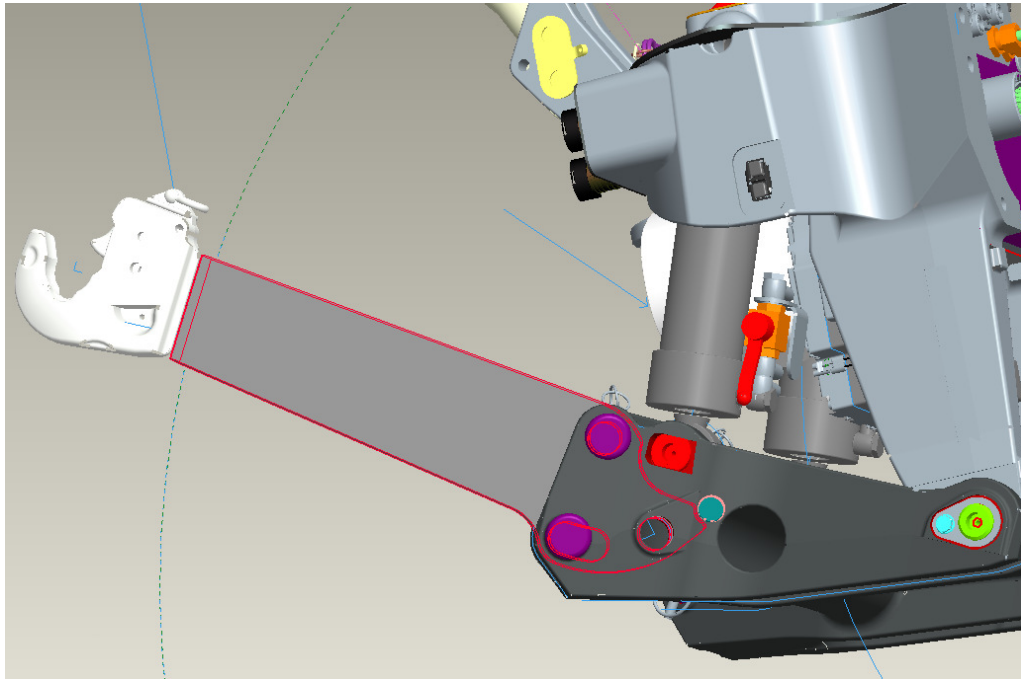


Abbildung 7: Ausführung der Unterlenker

Die Bolzen müssen so ausgeführt sein, dass die Unterlenker werkzeuglos entfernt werden können. Weiters müssen die Unterlenker einfach und werkzeuglos in die Parkposition hochgeklappt werden können und es muss darauf geachtet werden, dass die Unterlenker in der Parkposition nicht in den Lichtkegel des Fahrzeugs ragen.

4.2.2 Pendelausgleich für Bodenanpassung:

Um Bodenunebenheiten quer zur Fahrtrichtung bei bodengeführten Anbaugeräten, wie zB Mähwerk auszugleichen, ist ein Pendelausgleich notwendig, der - wie bereits im Abschnitt 4.2.1 erwähnt - durch Abstecken der Bolzen in die in den Unterlenker vorgesehenen Langlöchern eine Pendelfunktion ermöglicht.

Der Pendelwinkel soll nach CNH-Erfahrungswerten zwischen 5° bis 10° Grad liegen (Abbildung 8) [Bespr.1].

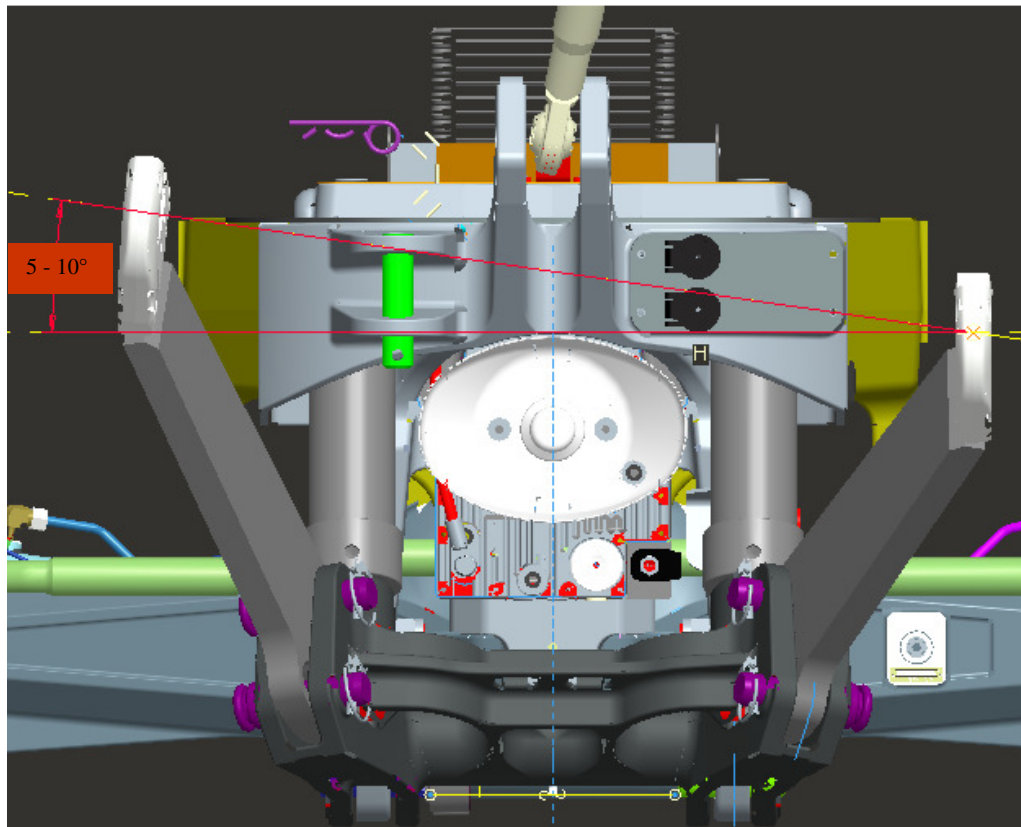


Abbildung 8: Schwenkwinkel quer zur Fahrtrichtung

4.2.3 Oberlenker-Schwenkwinkel:

Der traktorseitige Oberlenker-Anlenkpunkt ist starr mit dem Traktorrumpf verbunden. Bei Einstellen der Unterlenker auf Pendelausgleich für Bodenunebenheiten führt auch der Oberlenker über den Oberlenker-Anbaupunkt des Arbeitsgerätes eine Schwenkbewegung durch. Daher muss der Oberlenker in beide Richtungen einen Schwenkbereich von mindestens 10° bis 15° (CNH-Erfahrungswerte) ermöglichen, um eine Kollision des Oberlenkers mit den Oberlenkerlaschen zu vermeiden (Abbildung 9) [Bespr.2].

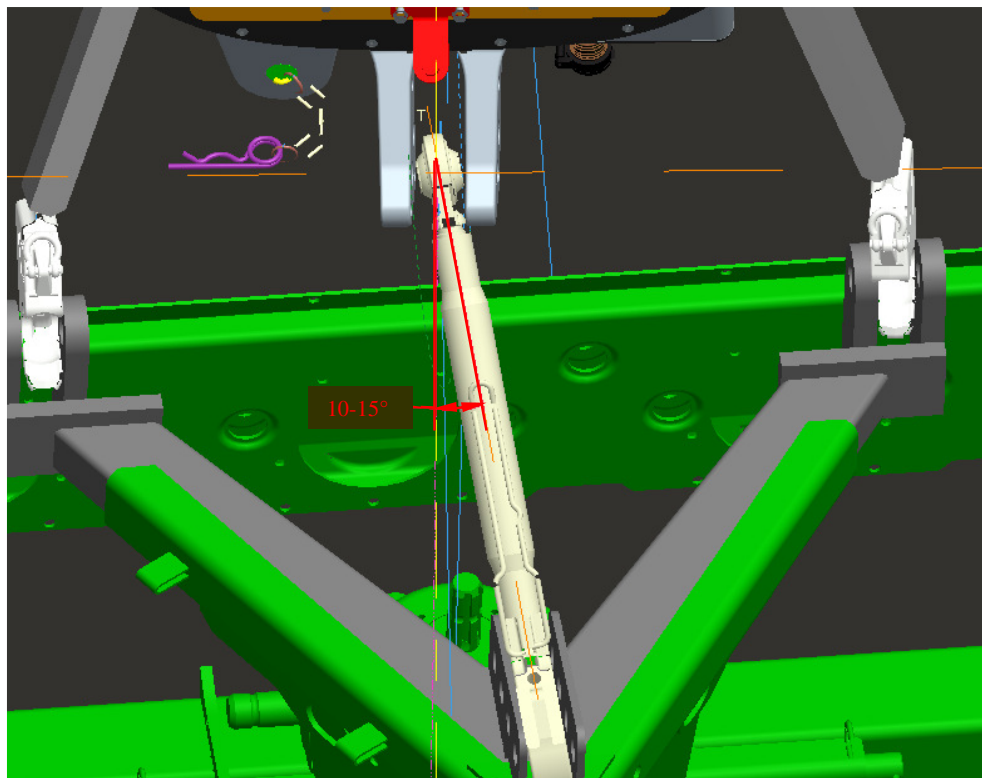


Abbildung 9: Pendelsituation Oberlenker

4.2.4 Unterlenkerschwinge:

Die Unterlenkerschwinge ist auf der hinteren Seite an den unteren Anlenkpunkten des Hubwerks gelagert und nach oben mit den Hubzylindern verbunden, mit denen die Schwinge hochgeschwenkt wird. An der vorderen Seite werden die Unterlenker mit Absteckbolzen befestigt. Beim Aufheben eines Anbaugerätes wird die von den Hubzylindern ausgehende Hubkraft nicht direkt auf die Unterlenker übertragen, sondern über die Unterlenkerschwinge auf die Unterlenker gebracht.

Position der Schwinge:

Die Unterlenkerschwinge sollte bei angehobenem Hubwerk im schlechtesten Fall in waagrechter Position stehen. Besser ist es jedoch, wenn die Unterlenkerschwinge mit einem Winkel von 3° bis 10° nach oben ragt, um bei Feld- und Grünlandarbeiten Anhäufungen vor dem Traktor bestmöglichst zu vermeiden (CNH-Erfahrungswerte) (Abbildung 10) [Bespr.3].

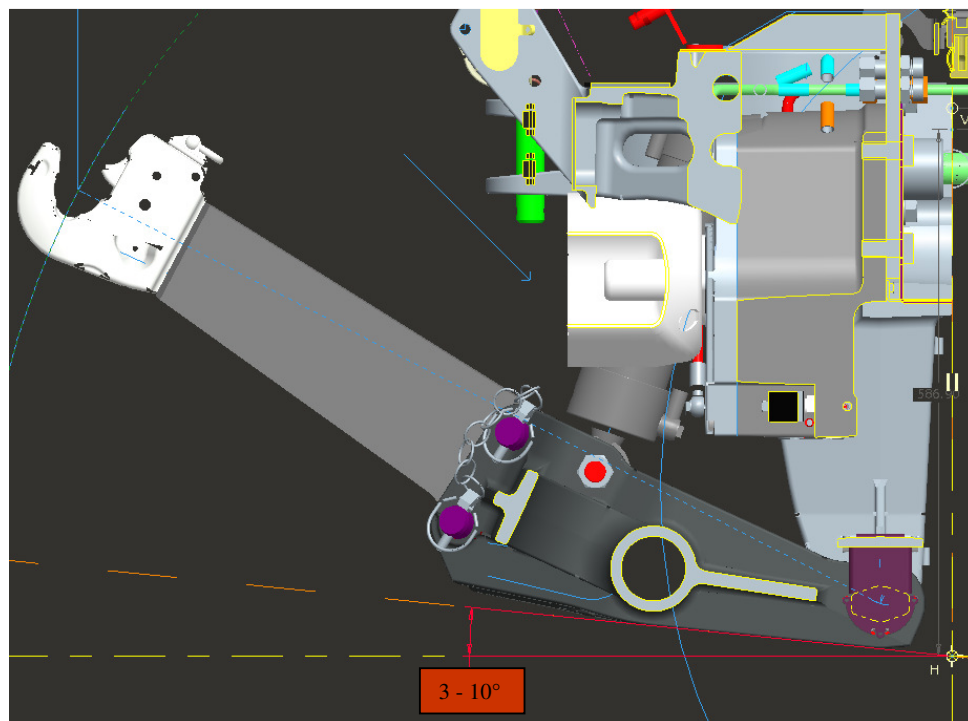


Abbildung 10: Unterlenkerschwingenposition bei angehobenem Hubwerk

4.2.5 Unterer Anlenkpunkt:

Der untere Anlenkpunkt ist jener Punkt, an dem die Unterlenkerschwinge am Hubwerksträger drehbar gelagert ist und der die auftretenden Kräfte, die vom Unterlenkern übertragen werden, aufnimmt.

Die Position des unteren Anlenkpunkts am Hubwerksträger sollten mindestens 30 mm höher als der tiefste Punkt des Traktorunterbaus sein. Dieser Punkt ist in der Regel der Schlitten für das Zugmaul am Heck des Traktors.

Um eine möglichst parallele Einleitung der Schubkraft in den Traktorrumpf zu erreichen, sollte die Lagerung – in senkrechter Richtung, ausgehend vom Achsmittelpunkt zur Mitte Unterlenkerlagerung des Hubwerksträgers - mindestens 50 mm bis maximal 135 mm betragen. In Längsrichtung ist zu beachten, dass der Punkt so nah wie möglich an der Vorderachse liegt, weil dadurch die Vorderachse weniger belastet wird (CNH Erfahrungswerte) (Abbildung 11) [Bespr.4].

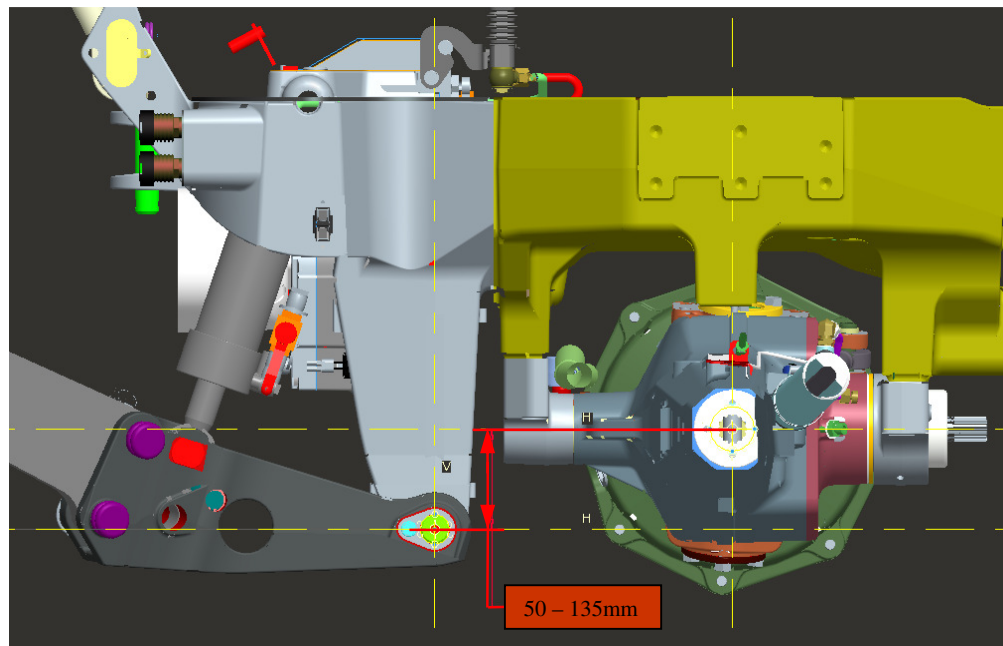


Abbildung 11: Anlenkpunkt Unterlenkerschwinge

4.2.6 Abschleppvorrichtung:

An der Vorderseite jeder Zugmaschine muss eine besondere Einrichtung angebracht sein, an der zum Abschleppen ein Verbindungsteil, wie zB eine Abschleppstange oder ein Abschleppseil, befestigt werden kann, die mit einem Vorsteckbolzen gesichert wird [2009/58/EG, S. 6].

Bei einem Traktor mit ausgestatteter Fronthydraulik muss die Abschleppereinrichtung meist am Hubwerksträger angebracht werden, da der Großteil des Frontbereich mit dem Fronthubwerkskomponenten verbaut ist (Abbildung 12).

- Schwenkwinkel:

Die Deichsel bzw. Abschleppstange soll nach beiden Seiten einen Schwenkwinkel von mindestens 70° ermöglichen (Abbildung 8) bzw. nach oben und nach unten – ausgehend von der Mitte des Vorsteckbolzens - einen Schwenkbereich von $\pm 20^\circ$ erlauben (nichtselbsttätige Anhängerkupplungen nach [2009/144/EG, S.148]).

- Gestaltung:

- Einrichtung muss fangmaulartig sein.
- Das Fangmaul muss ab Bolzen Mitte 60 mm +0,5/-1,5 mm betragen.
- Die Tiefe des Fangmauls muss ab Bolzenmitte 62 mm $\pm 0,5$ mm betragen.
- Der Vorsteckbolzen-Durchmesser muss 30 mm +1,5 mm haben und eine formschlüssige Sicherung (nicht verlierbar) muss angebracht werden [2009/58/EG, S. 6].

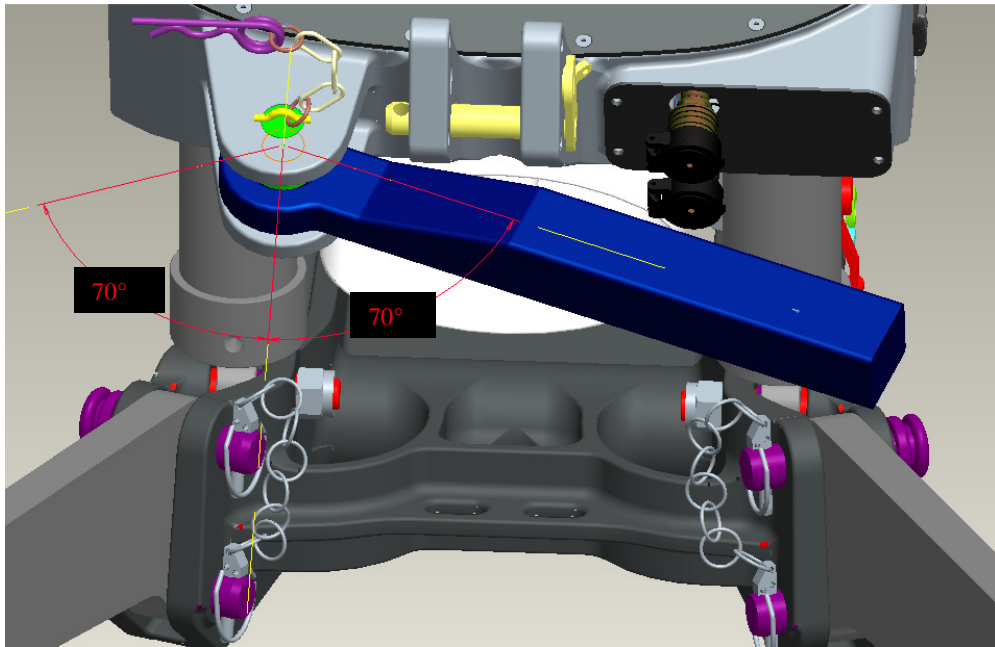


Abbildung 12: Abschleppereinrichtung

4.2.7 Gelenkwelle:

Die Gelenkwelle ist die Verbindung zwischen Zapfwellengetriebe und Anbaugerät, und hat die Aufgabe, das Drehmoment und Drehgeschwindigkeit von der Zapfwelle zum Anbaugerät zu übertragen (zB Kreiselmähdwerk, Kreiselegge). Dabei muss die Gelenkwelle den Winkelversatz zwischen der treibenden Welle (Zapfwellengetriebe) und der getriebenen Welle (Anbaugerät) ausgleichen, wobei sich der Winkelversatz durch Anheben und Absenken des Hubwerks/Anbaugerätes im Betrieb verändert. Außerdem muss die Gelenkwelle die daraus resultierenden Abstandsänderungen durch die Schiebe-Profilrohre, die die beiden Gelenke verbindet, zwischen Zapfwellengetriebe und Anbaugerät aufnehmen [Graf, Schmelz, Aucktor, 2002, S. 141-150]; [Schön, 1998, S. 63-64], [Eichhorn, 1999, S. 126-128].

4.2.7.1 Bauformen

Es gibt drei Bauformen von Gelenkwellen, die nach ISO Norm standardisiert sind und die die verschiedenen Anforderungen in Bezug auf Gleichlauf

berücksichtigen. Die Standardbauform hat die Bezeichnung „W“ und wird verwendet, wenn keine Ungleichförmigkeiten durch unterschiedliche Beugewinkel auftreten. Wenn kein Gleichlauf der Gelenkwellen erreicht werden kann, können die Weitwinkel-Gleichlaufgelenkwellen der Bauformen WWE und WWZ verwendet werden. Sie können die Drehbewegungen auch bei einseitigen und räumlichen Beugewinkeln übertragen (Abbildung 13) [Nienhaus, Wilks, 1997, S.16], [Eichhorn, 1999, S. 126-128].

Bauform „W“ Standard

Bauform „WWE“ Weitwinkel
einseitig

Bauform „WWZ“ Weitwinkel
zweiseitig

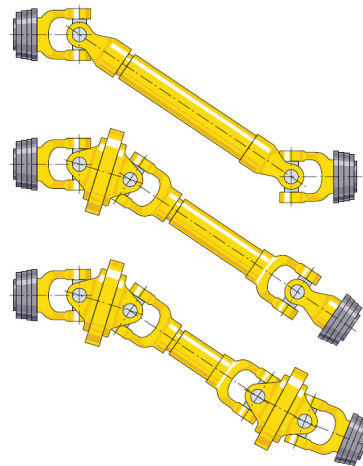


Abbildung 13: Bauformen der Gelenkwellen

4.2.7.2 Beugewinkel

Bei der Auslegung des Hubwerks bzw. der Platzierung des Zapfwellengetriebes sollte darauf geachtet, dass der maximale Gelenkwellen-Beugewinkel so klein wie möglich ist, da der Faktor „Beugewinkel“ neben den Faktoren „zu übertragendes Drehmoment“ und „Drehzahl“ eine wichtige Bedeutung für die Lebensdauer der Gelenkwelle darstellt (je größer der Beugewinkel, desto geringer die Lebensdauer) [www3,S. 14].

Laut Hersteller wird für die Standard-Bauformen „W“ im Betrieb ein Dauerbeugewinkel von max. $\alpha=25^\circ$ und ein kurzzeitiger Beugewinkel von $\beta=45^\circ$ angegeben. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass das Zapfwellengetriebe so weit wie möglich in Richtung Traktorinneres platziert wird, um einen maximalen Abstand zwischen Zapfwellengetriebe-Ausgangswelle und der Eingangswelle des Anbaugerätes zu erhalten, und daraus folgend der Beugewinkel der Gelenkwelle flacher wird [www3, S. 15].

Beim Dreipunktanbau kommen nur Gelenkwellen mit Standardbauform „W“ zum Einsatz. Es ist nicht möglich Gleichlaufgelenkwellen (Bauform WWE und WWZ) zu verwenden, da der Abstand zwischen der Zapfwelle des Traktors und der Eingangswelle des Arbeitsgerätes sehr gering ist und die Sondergelenke der Gleichlaufgelenkwellen sehr viel Platz benötigen [Nienhaus, Wilks, 1997, S.35-36].

4.2.7.3 Ungleichförmigkeit der Gelenkwellen

Ein weiterer wichtiger Punkt bei der Auslegung des Hubwerks hinsichtlich Gelenkwelle, der beachtet werden muss, ist der ungleichförmige Lauf, da Kreuzgelenke in Abhängigkeit vom Beugewinkel ($\alpha > 0^\circ$) die Drehbewegung ungleichförmig übertragen, dh bei konstanter Winkelgeschwindigkeit von ω_1 auf der Antriebsseite ist die Winkelgeschwindigkeit ω_2 auf der getriebenen Seite ungleichförmig (die Winkelgeschwindigkeit ω_2 wird mit jeder Viertelumdrehung abwechselnd größer oder kleiner als die Winkelgeschwindigkeit ω_1) [Nienhaus, Wilks, 1997, S. 12-13].

Da die Gelenkwelle aus zwei Gelenken besteht, wird die Ungleichförmigkeit des ersten Gelenks durch das zweite Gelenk ausgeglichen, wenn der Beugewinkel α_1 des ersten Gelenks gleich dem Beugewinkel α_2 des zweiten Gelenks ist. (die Ungleichförmigkeiten beider Gelenke addieren sich) (Abbildung 15) [Nienhaus, Wilks, 1997, S. 12-13].

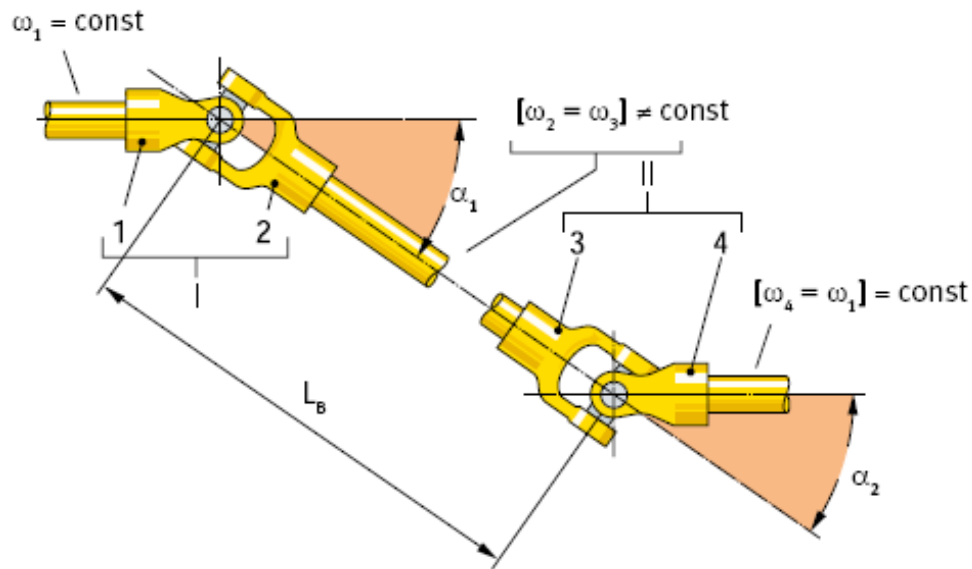


Abbildung 14: Kinematik der Kreuzgelenkwelle [Nienhaus, Wilks, 1997, S.13]

Die Formel $U = \sin \alpha * \tan \alpha$ (Gl. 1) beschreibt die Ungleichförmigkeit des Beugewinkels.

Wie in der Graphik der Abbildung 15 dargestellt ist, ist das Verhältnis Beugewinkel α zur Ungleichförmigkeit nicht linear. In den Beispielen a) und b) ist erkennbar, dass die Ungleichförmigkeit bei gleichen Winkelfehlern in Abhängigkeit vom Basiswinkel stark ansteigt.

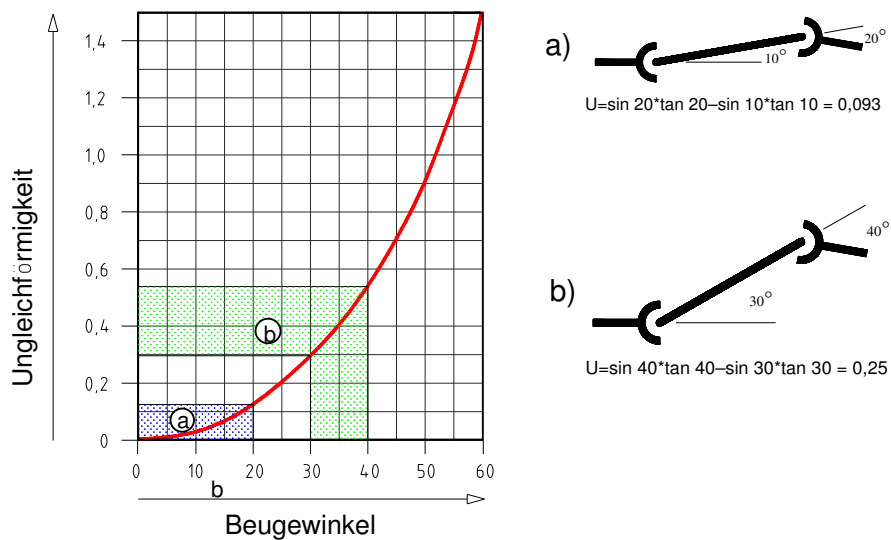


Abbildung 15: Darstellung der Ungleichförmigkeit in Abhängigkeit zum Beugewinkel

Erlaubte Ungleichförmigkeit laut Hersteller "WALTERSCHEID":

Die zulässige Ungleichförmigkeit U_{zul} ist abhängig von der Drehzahl. Bei einer Drehzahl von 540 U/min ist eine Ungleichförmigkeit U_{zul} von $\pm 7\%$ und bei 1000 U/min eine Ungleichförmigkeit U_{zul} von $\pm 3\%$ zulässig“ [www3, S. 10].

Da das Arbeitsgerät am Dreipunktanbau beim Heben nicht parallel zum Traktor gehoben wird, sondern sich auf einer Kurvenbahn bewegt, ist eine parallele Position von Traktorzapfwelle und Eingangswelle des Arbeitsgerätes nur an einem Punkt möglich (Abbildung 16). Daher wird die Drehbewegung auf allen anderen Positionen ungleichförmig übertragen. Bei der Entwicklung eines Fronthubwerks ist daher darauf zu achten, dass die Kinematik so ausgelegt wird, dass das Arbeitsgerät auf einen möglichst großen Hubbereich ziemlich parallel gehoben wird, so dass bei den gängigen Arbeitsgeräten im jeweiligen Hauptarbeitsbereich nur kleine Winkeldifferenzen auftreten und somit auch die Ungleichförmigkeiten gering gehalten werden [Nienhaus, Wilks, 1997, S. 35-36].

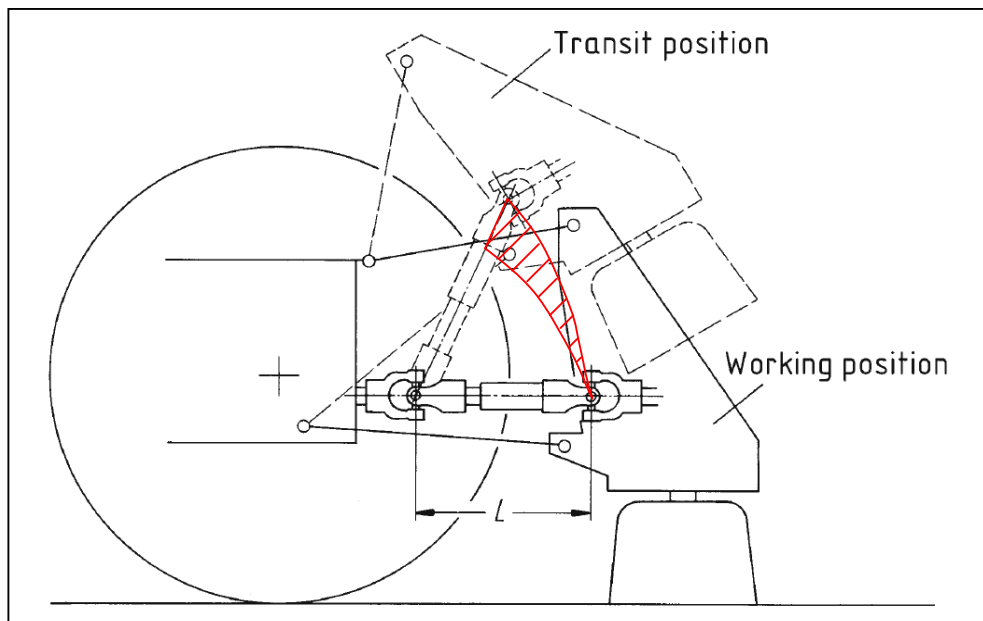


Abbildung 16: Hubkurve Anbaugerät [Nienhaus, Wilks, 1997, S.35]

4.2.8 Frontzapfwelle:

Die Frontzapfwelle ist notwendig, um Anbaugeräte wie zB Mähwerke, Mulcher, Kreiseleggen, Schneefräsen usw. anzutreiben. Sie ist mittig zwischen den Dreipunktgestängen des Fronthubwerk platziert. Der Antrieb des Zapfwellengetriebes erfolgt über eine Verbindungswelle direkt von der Motorkurbelwelle (Abbildung 17).

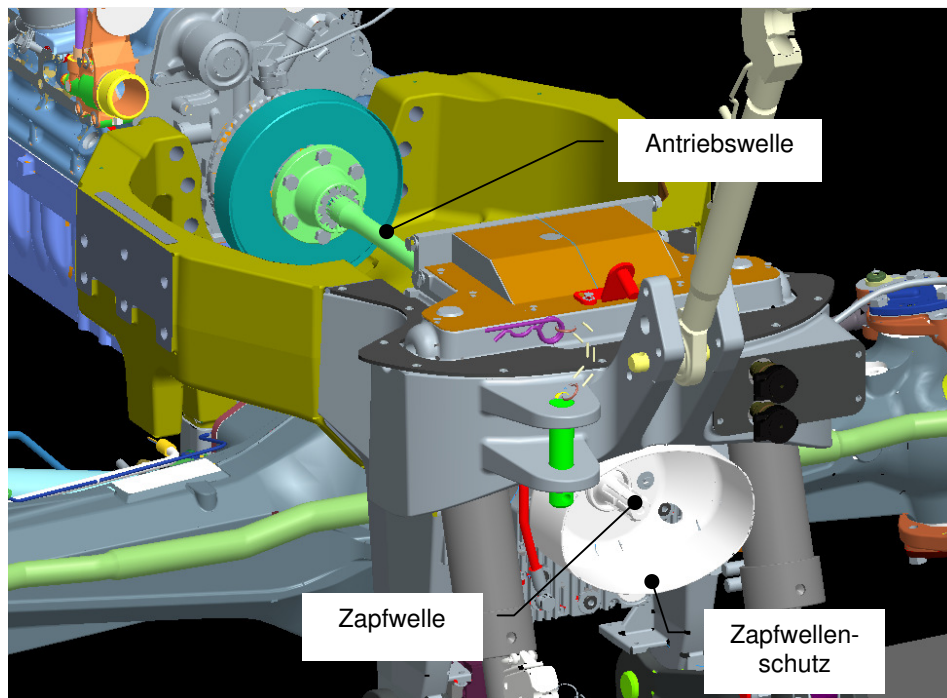


Abbildung 17: Zapfwellenkomponenten

4.2.8.1 Technische Anforderungen

- Hydraulisch oder elektrohydraulisch geschaltete Kupplungen zum Ein- und Ausschalten der Zapfwelle [CNH, Engineering Specification].
- Der Sicherheitsfaktor gegen Durchrutschen der Zapfwellen-Getriebekupplung bei maximalem Drehmoment soll 1,8 Nm betragen. [CNH, Engineering Specification].

- Beim Einschalten der Zapfwelle soll bei der Verwendung von Anbaugeräten mit großem Trägheitsmoment ein sanfter Anlauf gewährleistet werden, um dadurch Traktor und Anbaugerät zu schonen. Bei einer Sanftanlauf-Steuerung wird nach dem Einschalten des Zapfwellengetriebes innerhalb einer gewissen Zeit das Drehmoment gesteigert [CNH, Engineering Specification].
- Es sollten im Betrieb bzw. im Leerlauf keine störenden Geräusche verursacht werden, daher müssen Dämpfungselemente zwischen Zapfwellengetriebe Motorkurbelwellen-Flansch eingebaut sein [CNH, Engineering Specification].
- Die Verlustleistung bei ausgekuppeltem Getriebe darf bei einer Außentemperatur von 20° maximal 0,3 kW betragen [CNH, Engineering Specification].
- Bei ausgeschalteter Zapfwelle darf das Schleppmoment an der Abtriebswelle (Zapfwellenstummel) maximal 0,6 Nm betragen, damit beim Anstecken der Gelenkwelle der Zapfwellenstummel noch mit der Hand gedreht werden kann [CNH, Engineering Specification].
- Die Drehrichtung ist entgegen dem Uhrzeigersinn bei Betrachtung des Zapfwellenendes von der Vorderseite des Traktors. Die Drehrichtung muss durch einen Pfeil angezeigt werden [DIN ISO 8759-1: 1999-10].
- Die Lebensdauer der Zapfwellengetriebe-Einheit (Zahnräder, Lager, Dichtungen usw.) muss so ausgelegt sein, dass bei maximaler Leistung und Nenndrehzahl eine Betriebsstundenanzahl von 2000 Stunden erreicht wird [CNH, Engineering Specification].

4.2.8.2 Einteilung der Zapfwellentypen [ISO 500-1: 2004 (E)]

Die Zapfwellen werden in drei Leistungsklassen unterteilt, die sich durch den Wellendurchmesser der Ausführung der Zapfwellenstummel und der Nenndrehzahl unterscheiden. (Tabelle 3) [ISO 500-1: 2004 (E)].

Zapfwellen-Typ	Wellen-durchmesser	Ausführung Zapfwellen-stummel	Zapfwellen-Nenndreh-zahl min ⁻¹	Leistung der Zapfwelle bei Motornenn-drehzahl
1	35	6 Zähne	540	bis 60 kW
			1000	bis 92 kW
2	35	21 Zähne	1000	bis 115 kW
3	45	20 Zähne	1000	bis 275 kW

Tabelle 3: Zapfwellentypen [ISO 500-1: 2004 (E)]

4.2.8.3 Abstand zwischen Zapfwelle und Kupplungspunkten

Zwischen den Unterlenker-Kupplungspunkten (Mitte Unterlenkerkugel) und dem Zapfwellenstummel soll der Abstand **T** min. 550 mm und max. 675 mm betragen, gemessen bei waagrechter Unterlenker-Position (Abbildung 18) [DIN 9612 Teil 2, 1989].

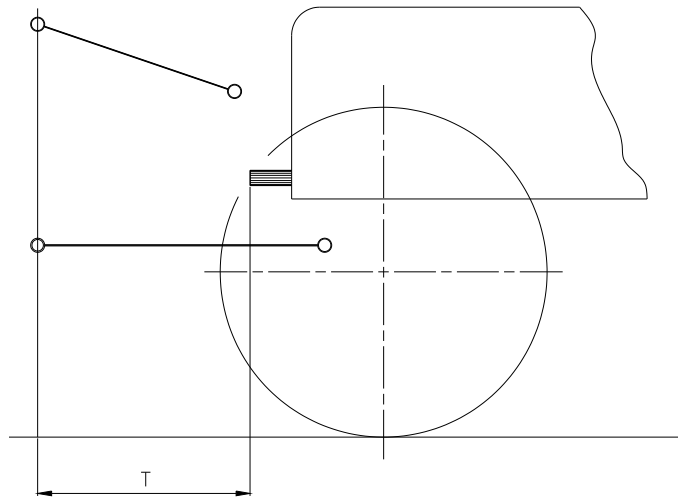


Abbildung 18: Abstand zwischen Unterlenker-Kupplungspunkten und Zapfwelle

4.2.8.4 Anordnung der Zapfwelle

Das Zapfwellengetriebe muss so an der Front des Traktors platziert werden, dass die Mittelachse der Zapfwelle innerhalb des in der Abbildung 19 dargestellten Rechtecks angeordnet ist [DIN ISO 8759-1: 1999-10].

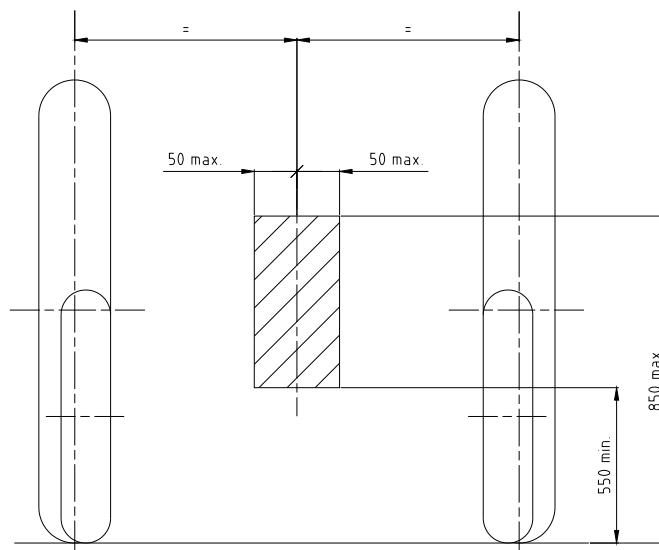


Abbildung 19: Anordnung der Zapfwelle [ISO 500-1: 2004 (E)]

4.2.8.5 Freiraum um die Zapfwelle [DIN ISO 8759-1: 1999-10]

Der Freiraum um die Zapfwelle muss der Abbildung 20 und der Tabelle 4 entsprechen, damit genug Platz für einen Zapfwellenschutz vorhanden und auch die Zugänglichkeit zum An- und Abstecken der Gelenkwelle gegeben ist. Es kann aber auch der Freiraum als Schutzeinrichtung anstatt des Zapfwellenschutzes verwendet werden, wenn er dieselben Kriterien wie der Zapfwellenschutz erfüllt. Die Maße **g** und **i** können auch getauscht werden [DIN ISO 8759-1: 1999-10]; [ISO 500-1: 2004 (E)].

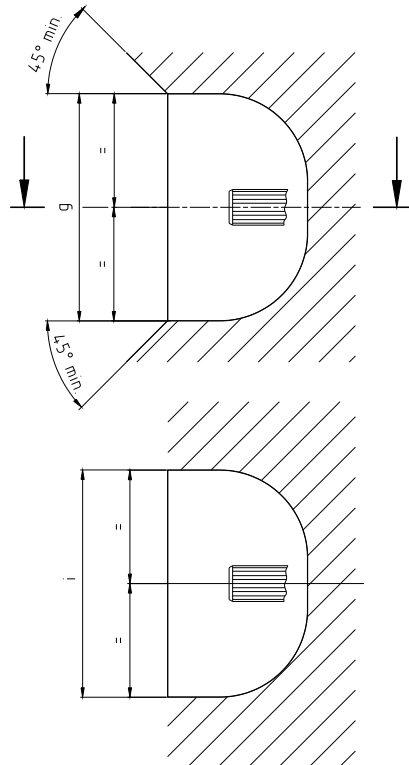


Abbildung 20: Freiraum der Zapfwellenumgebung, [DIN ISO 8759-1: 1999-10]

Zapfwelle Typ	a min.	b max.	g min.	i min.	r max.
1	76	48 ¹⁾	240 ¹⁾	200 ¹⁾	76
2	76	48 ¹⁾	240 ¹⁾	200 ¹⁾	76
3	89	100	290	295	89
¹⁾ Für Traktoren mit Mindestspurweiteneinstellung von ≤ 1150 mm dürfen die Maße reduziert werden auf $b = 40$ mm, $g = 190$, $i = 175$ mm					

Anmerkung: alle Werte in mm

Tabelle 4: Abmessungen für den Zapfwellenfreiraum [DIN ISO 8759-1: 1999-10]

4.2.8.6 Schutzeinrichtung der Zapfwelle

Die Schutzeinrichtung der Zapfwelle (Abbildung 21) am Traktor muss so gestaltet sein, dass das Berühren von bewegten Teilen in Verbindung mit der Schutzeinrichtung der Gelenkwelle (beide Schutzeinrichtungen überlappen sich) verhindert wird. Die Abmessungen der Zapfwellenschutzeinrichtung sind in der Tabelle 5 angegeben [DIN ISO 8759-1: 1999-10]; [ISO 5673-1, 2005-02].

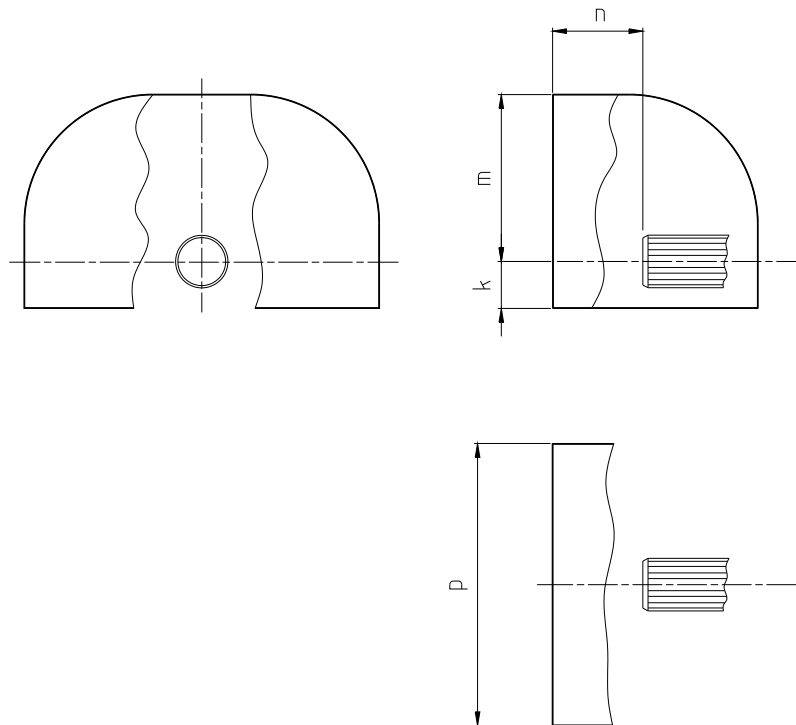


Abbildung 21: Gestaltung des Zapfwellenschutzes, [DIN ISO 8759-1: 1999-10]

	Minimalschutz			Maximalschutz				
Zapfwelle Typ	n ±5	m ±5	p ⁺⁵ 0	k min.	n ±5	m ±5	p ⁺⁵ 0	k min.
1	90 ¹⁾	130 ¹⁾	290 ¹⁾	70	60 ¹⁾	120 ¹⁾	200 ¹⁾	70
2	90 ¹⁾	130 ¹⁾	290 ¹⁾	70	60 ¹⁾	120 ¹⁾	200 ¹⁾	70
3	130	155	390	80	100	145	295	80
¹⁾ Für Traktoren mit Mindestspurweiteneinstellung von ≤ 1150 mm dürfen die Maße reduziert werden auf n = 40 mm, m = 100, p = 175 mm								

Anmerkung: alle Werte in mm

Tabelle 5: Abmessungen des Zapfwellenschutzes, [DIN ISO 8759-1: 1999-10]

4.2.9 Gestaltung und Ausführung der Antriebswelle:

Die Antriebswelle ist die Verbindung zwischen Riemenscheibe der Motorkurbelwelle und Eingangswelle des Zapfwellengetriebe, die die Aufgabe hat, die Motorleistung und die Drehbewegung auf das Zapfwellengetriebe zu übertragen.

4.2.9.1 Einbauausführungen der Antriebswellen

Bei CNH sind drei Einbauvarianten von Antriebswellen in Verwendung:

- Antriebswelle als gerade Welle ausgeführt:
diese Variante wird verwendet, wenn kein Wellenversatz zwischen Motorkurbelwelle und Zapfwelleneingangswelle vorliegt.
- Antriebswelle mit biegeelastische Kupplungen an beiden Enden:
diese Variante wird verwendet, wenn Motorkurbelwelle und Zapfwellen-Eingangswelle versetzt zueinander angeordnet sind der Winkelversatz aber maximal 3° beträgt [www4, S. 6].

- Kardanwelle als Antriebswelle

Verwendung bei zueinander versetzter Motorkurbelwelle und Zapfwellen-Eingangswelle bei einem Winkelversatz von bis zu 11° [www5, 45 - 46].

4.2.9.2 Auslegung

Bei CNH wird bei der Platzierung des Zapfwellengetriebes darauf geachtet, dass die Motorkurbelwelle und die Eingangswelle des Zapfwellengetriebes, wenn möglich, nicht versetzt angeordnet wird, damit die Antriebswelle als gerade Welle ausgeführt werden kann. Dadurch können einerseits Herstellkosten eingespart werden und andererseits werden Ungleichförmigkeiten und Drehmomentenschwankungen, die bei Antriebswellen die Winkelfehler ausgleichen müssen, vermieden [Graf, Schmelz, Aucktor, 2002, S. 141-150].

Weiters muss die Antriebswelle mit Dämpfungselementen ausgestattet werden, um die Schwingungen die durch den Motor hervorgerufen werden auszugleichen, um damit eine Lärmentwicklung durch mögliche Klappergeräusche im unbelasteten Betrieb oder bei ausgeschalteter Zapfwelle zu vermeiden [Grotte, Feldhusen, 2005 S. P5 – P8].

Wichtig ist auch, dass bei der Auslegung der Welle beachtet wird, dass der Riemen bei einem fälligen Wechsel (Service oder Riemenriss) leicht und ohne viel Zeitaufwand gewechselt werden kann. Auf keinen Fall sollte bei einem Riemenwechsel das Kühlerpaket oder das Fronthubwerk abgebaut werden müssen.

5. Berechnung der Geometrie und der Hubwerkskräfte

5.1 Geometrieberechnungen:

Anmerkung:

Grundlage für die nachfolgenden Grafiken und Formeln bildete ein bestehendes Hubwerksberechnungsschema von CNH, das ergänzt und detaillierter ausgeführt wurde [pdf1].

Zur Veranschaulichung wurde die Berechnung einmal an Hubwerk B am Oberlenkeranlenkpunkt TL_2 und bei unterster Hubposition durchgeführt. Die weiteren Berechnungen von Hubwerk A und B an den verschiedenen Hubpositionen und den übrigen Anlenkpunkten wurde mit dem CNH-eigenen Berechnungsprogramm durchgeführt.

5.1.1 Berechnung des Hubwerkswinkels α (Hubwerk in unterster Position):

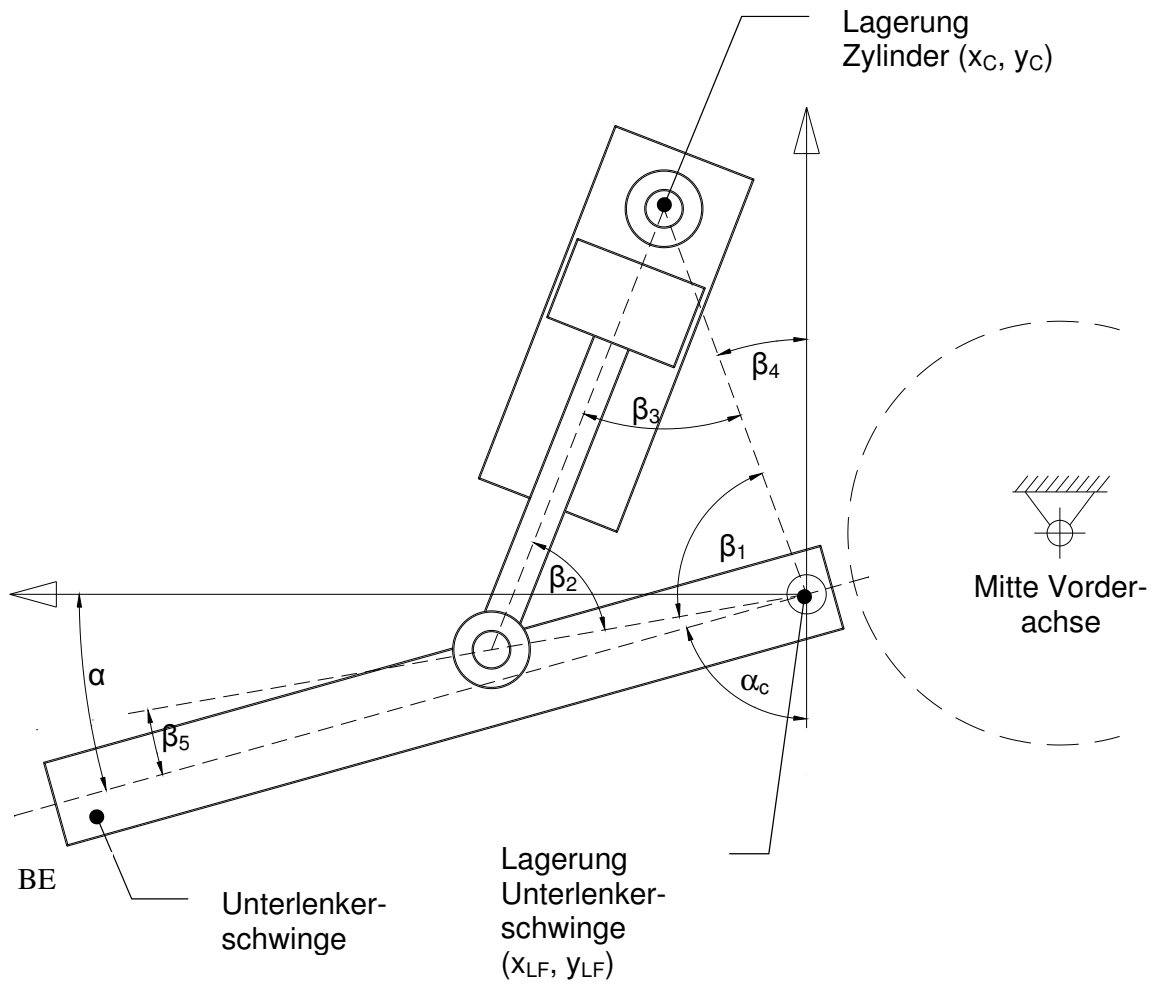
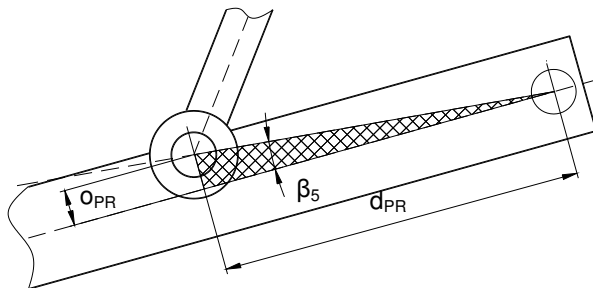


Abbildung 22: Hubwerkskizze mit Winkelangaben

Winkel β_5



$$O_{PR} = 14,96\text{mm}$$

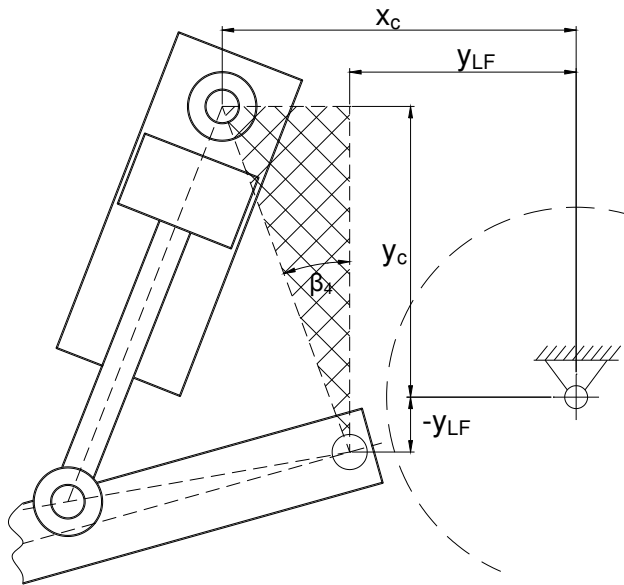
$$d_{PR} = 350\text{mm}$$

Abbildung 23: Versatz o_{PR} und d_{PR} des Zylinderlager, Winkel β_5

$$\beta_5 = \arctan\left(\frac{d_{PR}}{o_{PR}}\right) \quad (\text{Gl.2})$$

$$\beta_5 = \arctan\left(\frac{14,96\text{mm}}{350\text{mm}}\right) = \underline{\underline{2,45^\circ}}$$

Winkel β_4



$$y_C = 450\text{mm}$$

$$y_{LF} = -125\text{mm}$$

$$x_C = 577\text{mm}$$

$$x_{LF} = -125\text{mm}$$

Abbildung 24: Position Zylinderlagerung, Winkel β_4

$$\beta_4 = \arctan\left(\frac{x_C - x_{LF}}{y_C - y_{LF}}\right) \quad (\text{Gl.3})$$

$$\beta_4 = \arctan\left(\frac{577\text{mm} - 405\text{mm}}{450\text{mm} - (-125\text{mm})}\right) = \underline{\underline{16,65^\circ}}$$

Winkel β_1

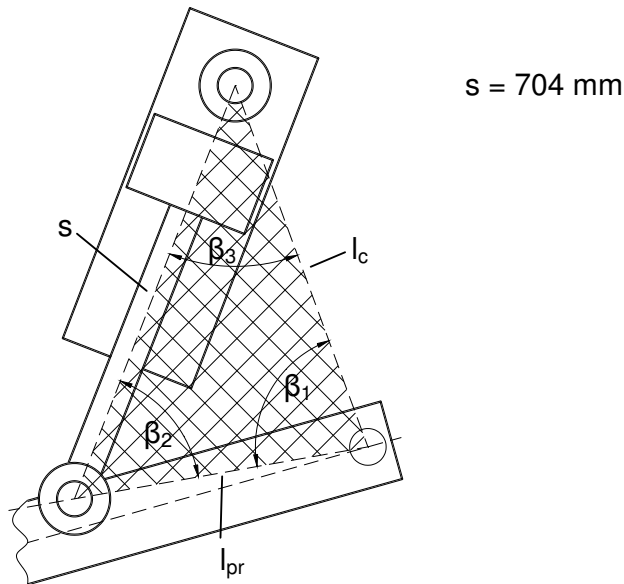


Abbildung 25: Kolbenstangen- und Zylinderlager, Länge l_c , und l_{pr} ; Winkel β_1

$$l_c = \sqrt{(x_C - x_{LF})^2 + (y_C - y_{LF})^2} \quad (\text{Gl.4})$$

$$l_c = \sqrt{(577 \text{ mm} - 405 \text{ mm})^2 + (450 \text{ mm} - (-125 \text{ mm}))^2} = \underline{\underline{600,17 \text{ mm}}}$$

$$l_{PR} = \sqrt{d_{PR}^2 + o_{PR}^2} \quad (\text{Gl.5})$$

$$l_{PR} = \sqrt{350^2 \text{ mm} + 14,96^2 \text{ mm}} = \underline{\underline{350 \text{ mm}}}$$

$$\beta_1 = \arccos\left(\frac{l_{PR}^2 - l_c^2 - s^2}{2 * l_{PR} * l_c}\right) \quad (\text{Gl.6})$$

$$\beta_1 = \left(\frac{350^2 \text{ mm} - 600,17^2 \text{ mm} - 704^2 \text{ mm}}{2 * 350 \text{ mm} * 600 \text{ mm}}\right) = \underline{\underline{91,76^\circ}}$$

Winkel β_2

$$\beta_2 = \arccos\left(\frac{l_{PR}^2 + s^2 - l_C^2}{2 * l_{PR} * s}\right) \quad (\text{Gl.7})$$

$$\beta_2 = \arccos\left(\frac{350^2 \text{ mm} + 704^2 \text{ mm} - 600,17^2 \text{ mm}}{2 * 350 \text{ mm} * 704 \text{ mm}}\right) = \underline{\underline{58,44^\circ}}$$

Winkel β_3

$$\beta_3 = 180^\circ - \beta_2 - \beta_1 \quad (\text{Gl.8})$$

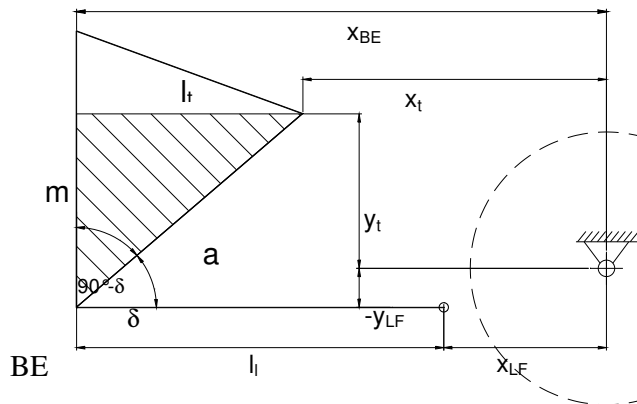
$$\beta_3 = 180^\circ - 58,44^\circ - 91,76^\circ = \underline{\underline{29,8^\circ}}$$

Hubwerkswinkel α

$$\alpha = 90^\circ - \beta_1 - \beta_4 - \beta_5 \quad (\text{Gl.9})$$

$$\alpha = 90^\circ - 91,76^\circ + 16,65^\circ - 2,45^\circ = \underline{\underline{-15,96^\circ}}$$

5.1.2 Berechnen der optimalen Oberlenkerlänge \hat{l}_t :



- Bedingungen:
- Mast m ist im rechten Winkel zu den Unterlenkern.
 - Hubwinkel $\alpha_1 = 0^\circ$, Unterlenker sind in waagrechter Position

Abbildung 26: Mast und Unterlenkerposition

Beziehungen:

Koordinaten Fanghaken: x_{BE} , y_{BE}

$$x_{BE} = x_{LF} + l_l \quad (\text{Gl.10})$$

$$x_{BE} = 405\text{mm} + 1006\text{mm} = \underline{\underline{1411\text{mm}}}$$

$$y_{BE} = y_{LF} = \underline{\underline{125\text{mm}}}$$

Abstand (Länge) Unterlenker zum Oberlenkeranlenkpunkt a

$$a = \sqrt{(x_{BE} - x_t)^2 + (y_t - y_{BE})^2} \quad (\text{Gl.11})$$

$$a = \sqrt{(1411\text{mm} - 830\text{mm})^2 + (490\text{mm} - (-125\text{mm}))^2} = \underline{\underline{146\text{mm}}}$$

Winkel δ

$$\delta = \arcsin \frac{y_t - y_{BE}}{a} \quad (\text{Gl.12})$$

$$\delta = \arcsin \left(\frac{490\text{mm} - (-125\text{mm})}{846\text{mm}} \right) = \underline{\underline{46,63^\circ}}$$

Optimale Oberlenkerlänge

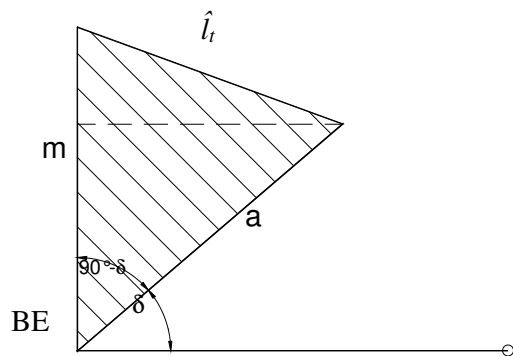


Abbildung 27: Oberlenkerauslegung

$$\hat{l}_t = \sqrt{a^2 + m^2 - 2 * a * m * \cos(90^\circ - \delta)} \quad (\text{Gl.13})$$

$$\hat{l}_t = \sqrt{610\text{mm}^2 + 846\text{mm}^2 - 2 * 610\text{mm} * 846\text{mm} * \cos(90^\circ - 46,63)} = \underline{\underline{581\text{mm}}}$$

Hinweis: Der Oberlenker l_t hat eine Gewindespindel und kann daher beliebig verstellt werden.

Abstand (Länge) Unterlenker zum Oberlenkeranlenkpunkt a

$$a = \sqrt{(x_{BE} - x_t)^2 + (y_{BE} - y_t)^2} \quad (\text{Gl.16})$$

$$a = \sqrt{(1372,2\text{mm} - 830\text{mm})^2 + (-401,6\text{mm} - 490\text{mm})^2} = \underline{\underline{1043,5\text{mm}}}$$

Winkel Θ_1

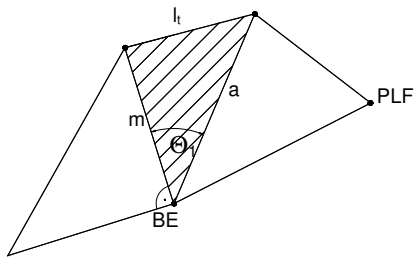


Abbildung 29: Berechnung Winkel Θ_1

$$\Theta_1 = \arccos \frac{a^2 + m^2 - l_t^2}{2 * a * m} \quad (\text{Gl.17})$$

$$\Theta_1 = \arccos \frac{1034,5\text{mm}^2 + 610\text{mm}^2 - 581\text{mm}^2}{2 * 1043,5\text{mm} * 610\text{mm}} = \underline{\underline{28,059\text{mm}}}$$

Abstand Schwingendrehpunkt zum Oberlenkeranlenkpunkt b

$$b = \sqrt{(x_t - x_{LF})^2 + (y_t - y_{LF})^2} \quad (\text{Gl.18})$$

$$b = \sqrt{(830\text{mm} - 405\text{mm})^2 + (490\text{mm} - (-125\text{mm}))^2} = \underline{\underline{747,56\text{mm}}}$$

Winkel Θ_2

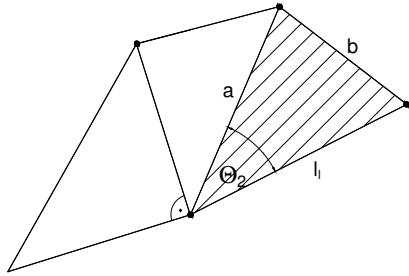


Abbildung 30: Berechnung Winkel Θ_2

$$\Theta_2 = \arccos\left(\frac{a^2 + l_1^2 - b^2}{2 * a * l_1}\right) \quad (\text{Gl.19})$$

$$\Theta_2 = \arccos\left(\frac{1043,5^2 \text{ mm} + 1006^2 \text{ mm} - 747,56 \text{ mm}^2}{2 * 1043,5 \text{ mm} * 1006 \text{ mm}}\right) = \underline{\underline{42,78 \text{ mm}}}$$

Mast-Neigungswinkel

$$\gamma = 180^\circ - (90^\circ + \Theta_1 + \Theta_2 - \alpha_1) \quad (\text{Gl.20})$$

$$\gamma = 180^\circ - (90^\circ + 28,059^\circ + 42,78^\circ - (-15,96^\circ)) = \underline{\underline{3,2^\circ}}$$

5.1.4 Berechnung des Oberlenker-Neigungswinkels β :

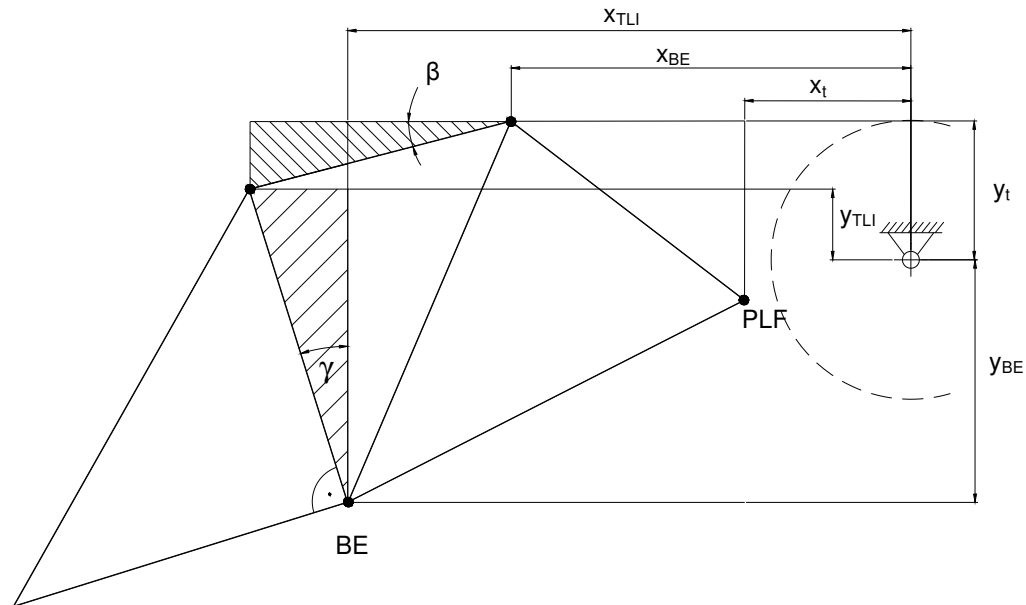


Abbildung 31: Oberlenker-Neigungswinkel β

Position des Oberlenkerdrehpunkts im Mast (Anbaugerät)

$$x_{TLI} = x_{BE} + m \cdot \cos \gamma \quad (\text{Gl.21})$$

$$x_{TLI} = 1372,2\text{mm} + (-610\text{mm} \cdot \sin 3,2^\circ) = \underline{\underline{1338\text{mm}}}$$

$$y_{TLI} = y_{BE} + m \cdot \sin \gamma \quad (\text{Gl.22})$$

$$y_{TLI} = -401,6\text{mm} + 610\text{mm} \cdot \cos 3,2^\circ = \underline{\underline{207,4\text{mm}}}$$

Oberlenker-Neigungswinkel β

$$\beta = \arctan\left(\frac{y_t - y_{TLI}}{x_{TLI} - x_t}\right) \quad (\text{Gl.23})$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{490\text{mm} - 207,4\text{mm}}{1338\text{mm} - 830\text{mm}}\right) = \underline{\underline{29,1^\circ}}$$

Abstand Fanghaken zum Boden l_{BE}

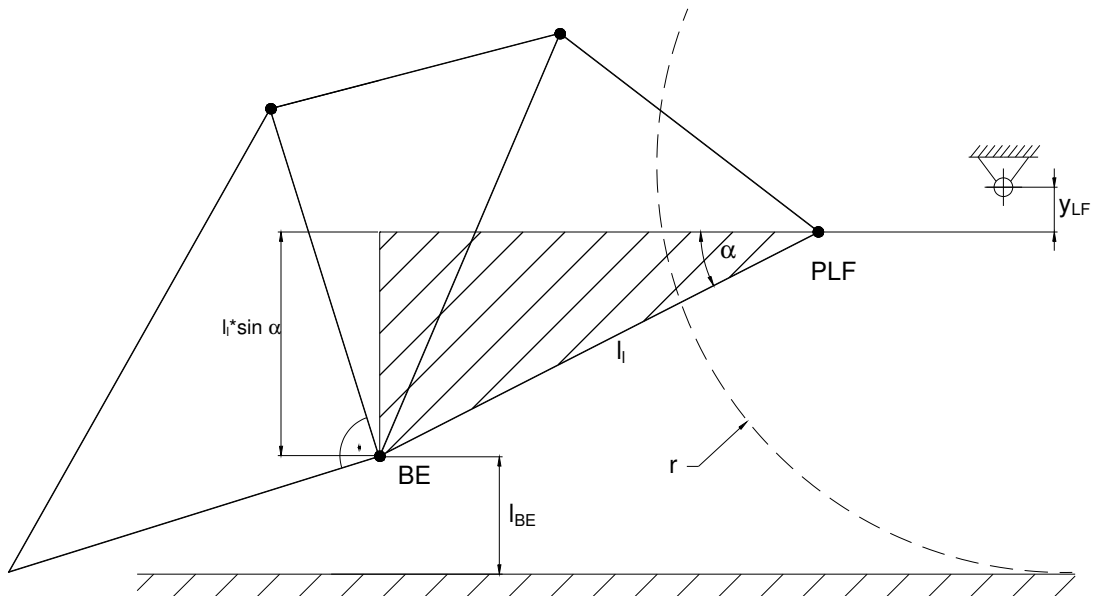


Abbildung 32: Abstand BE zum Boden

$$l_{BE} = r + l_l \sin \alpha + y_{LF} \quad (\text{Gl.24})$$

$$l_{BE} = 650\text{mm} + (-1006\text{mm} \cdot \sin 15,96^\circ) + (-125) = \underline{\underline{248,38\text{mm}}}$$

5.2 Kräfteberechnungen:

5.2.1 Berechnung der Hydraulikzylinderkräfte:

Hydraulikzylinderdaten

Zylinderanzahl: $n = 2$

Systemdruck: $p = 18 \text{ MPa}$

Zylinderdurchmesser: $D = 80 \text{ mm}$

Kolbenstangendurchmesser: $d = 40 \text{ mm}$

Hydraulikzylinderkräfte

allgem. Formel:

$$F = p \cdot A \quad (\text{Gl.25})$$

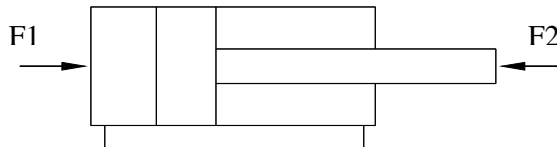


Abbildung 33: Hydraulikzylinder

Hydraulikzylinder-Kolbenkraft F_1 (senken)

$$F_1 = p \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot n \quad (\text{Gl.26})$$

$$F_1 = 18 \text{ MPa} \cdot \frac{80^2 \text{ mm} \cdot \pi}{4} \cdot 2 = 180955,73 \text{ N} = \underline{\underline{180,96 \text{ kN}}}$$

Hydraulikzylinder-Kolbenkraft F_2 (heben)

$$F_2 = p * \frac{\pi}{4} * (D^2 - d^2) * n \quad (\text{Gl.27})$$

$$F_2 = 18 \text{ MPa} * \frac{\pi}{4} * (80^2 \text{ mm} - 40^2 \text{ mm}) * 2 = 135716,80 \text{ N} = \underline{\underline{135,72 \text{ kN}}}$$

5.2.2 Berechnung der Kräfte an den Unterlenkerkugeln und im Geräteschwerpunkt:

Effektiver Abstand der unteren Hubzylinderlagerung

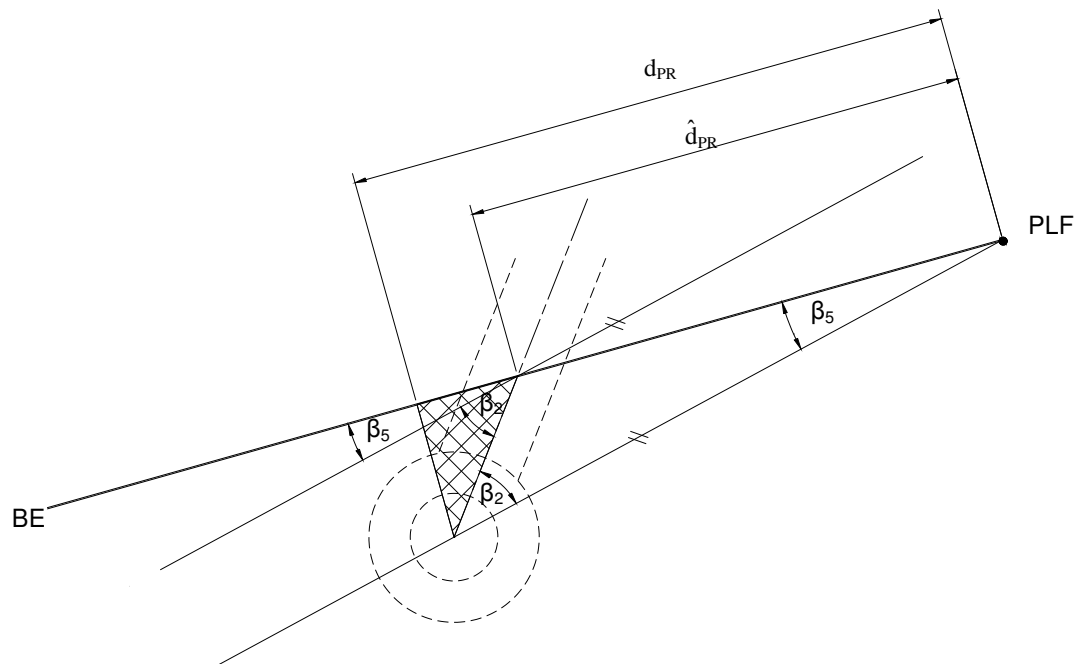


Abbildung 34: Effektiver Abstand Zylinderlagerung

$$\hat{d}_{PR} = d_{PR} - \frac{o_{PR}}{\tan(\beta_2 - \beta_5)} \quad (\text{Gl.28})$$

$$\hat{d}_{PR} = 350 - \frac{14,96 \text{ mm}}{\tan(58,44^\circ + 2,45^\circ)} = \underline{\underline{341,66 \text{ mm}}}$$

Unterlenker mit Schwinge

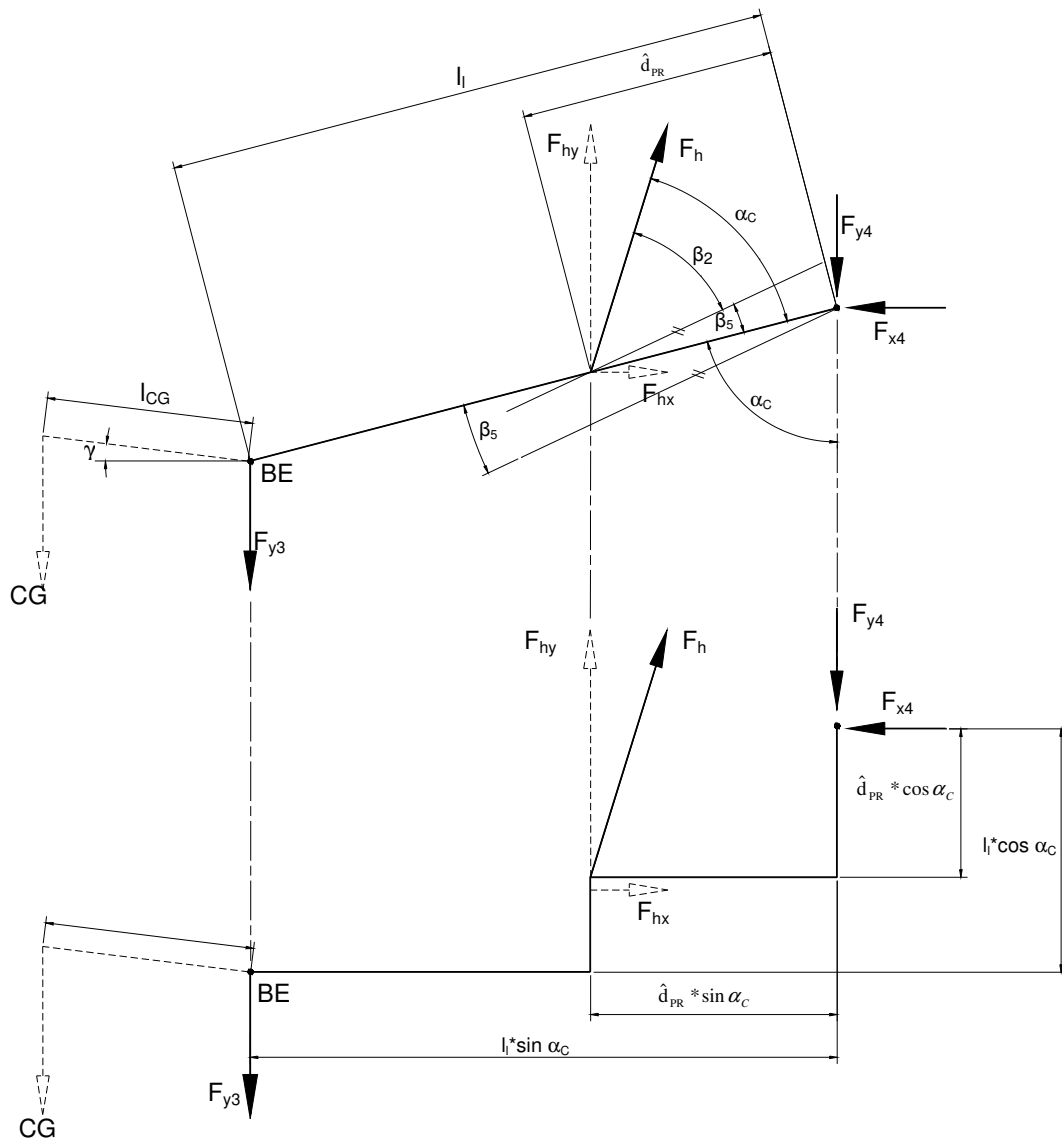


Abbildung 35: Darstellung Unterlenker mit Schwinge

$$\Sigma F_x = 0$$

$$-F_{hx} - F_{x4} = 0$$

$$F_{hx} = F_{x4}$$

$$F_{x4} = F_h * \sin(\alpha_C + \beta_5 + \beta_2) \quad (\text{Gl.29})$$

$$F_{x4} = 135,716 \text{ mm} * \sin(74,04^\circ - 2,45^\circ - 58,44^\circ) = \underline{\underline{30,875 \text{ KN}}}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$-F_{hy} - F_{y3} - F_{y4} = 0$$

$$F_{y4} = F_{y3} - F_{hy}$$

$$F_{y4} = F_{y3} + F_h * \cos(-\alpha_2 + \beta_5 + \beta_2) \quad (\text{Gl.30})$$

$$F_{y4} = 41,77 \text{ KN} + 135,716 \text{ KN} * \cos(74,04^\circ + 2,45^\circ + 58,44^\circ) = \underline{\underline{-90,39 \text{ KN}}}$$

$$\Sigma M_4 = 0$$

$$F_{Y3} * l_l \sin \alpha_C - F_h * \cos(\alpha_C - \beta_5 - \beta_2) * \hat{d}_{PR} * \sin \alpha_C + F_h * \sin(\alpha_C - \beta_5 - \beta_2) * \hat{d}_{PR} * \cos \alpha_C = 0$$

$$F_{Y3} = \frac{F_h * \cos(\alpha_C - \beta_5 - \beta_2) * \hat{d}_{PR} * \sin \alpha_C - F_h * \sin(\alpha_C - \beta_5 - \beta_2) * \hat{d}_{PR} * \cos \alpha_C}{l_l \sin \alpha_C} \quad (\text{Gl.31})$$

$$F_{Y3} = \frac{135,716 \text{ KN} * \cos(74,04^\circ - 2,45^\circ - 58,44^\circ) * 341,66 * \sin 74,04 - 135,716 * \sin(74,04^\circ - 2,45^\circ - 58,44^\circ) * 341,66 \text{ mm} * \cos 74,04^\circ}{1006 \text{ mm} * \sin 74,04^\circ} = \underline{\underline{41,88 \text{ KN}}}$$

$$CG = \frac{F_h * \cos(\alpha_C - \beta_5 - \beta_2) * \hat{d}_{PR} * \sin \alpha_C - F_h * \sin(\alpha_C - \beta_5 - \beta_2) * \hat{d}_{PR} * \cos \alpha_C}{l_l \sin \alpha_C + l_{CG} * \cos \gamma} \quad (\text{Gl.32})$$

$$CG = \frac{135,716 \text{ KN} * \cos(74,04^\circ - 2,45^\circ - 58,44^\circ) * 341,66 \text{ mm} * \sin 74,04 - 135,716 \text{ KN} * \sin(74,04^\circ - 2,45^\circ - 58,44^\circ) * 341,66 \text{ mm} * \cos 74,04^\circ}{1006 \text{ mm} * \sin 74,04^\circ + 610 \text{ mm} * \cos 3,41^\circ} = \underline{\underline{25,7 \text{ KN}}}$$

6. Vergleich der Hubwerke

Beim Vergleich des derzeitigen Serienfronthubwerks (Hubwerk A) und dem neu entwickelten Fronthubwerk (Hubwerk B) werden folgende Punkte analysiert:

- Hubwerkskinematik
- Hubkräfte
- Unterlenkerkuppelpunkte
- Hubbereich (minimale/maximale Hubhöhe)
- Mastneigungswinkel
- Vorderachsbelastung
- Gelenkwellenabwinkelung und Ungleichförmigkeit

Nach DIN 9612 sind Fronthubwerke für Traktoren in Hubwerkskategorie 2 ausgelegt. Die Standard-Masthöhe für ein Hubwerk der Kategorie 2 ist 610 mm. Bei Fronthubwerken sollten aber nach DIN 9612 auch Masthöhen von 510 mm bis zu 660 mm verwendet werden können, daher wurde die Untersuchung mit drei Masthöhen 510 mm, 610 mm und 660 mm durchgeführt und auch in diese unterteilt.

Die Ausgangslage für die Analyse der Hubwerke mit den unterschiedlichen Masthöhen ist immer ein senkrecht stehender Mast (Neigungswinkel 0°) und Unterlenkern, die in waagrecht Position liegen (Hubwerkswinkel = 0°). Um die Hubwerke besser vergleichen zu können, wird jeweils der Hubbereich in zehn gleiche Teile aufgeteilt. An denen sich daraus ergebenden elf Punkten (Hubpositionen) werden die Analysen und Vergleiche hinsichtlich Geometrie, Kinematik, Hubkräfte, Hubhöhe, Kuppelpunkt, Hubbereich, Vorderachsbelastung und Gelenkwellenabwinkelung durchgeführt. Die Berechnungen an den elf Positionen werden anhand eines CNH-Berechnungsprogramms durchgeführt. Zu berechnen sind Hubwerk A und B mit den drei unterschiedlichen Masthöhen, wobei bei Hubwerk B bei jeder Masthöhe zwei Berechnungen durchzuführen sind, da das Hubwerk B einen zusätzlichen Oberlenker-Anlenkpunkt besitzt. Zur besseren Übersicht werden die Ergebnisse der Berechnungen tabellarisch bei den einzelnen Masthöhen zusammengefasst.

Die Aufteilung der Hubposition in zehn gleiche Teile erfolgt über den Hubweg des Hydraulikzylinders.

Der Zylinder-Hubweg des Hubwerks A ist 210 mm, wobei die Zylinderlänge im eingefahrenen Zustand (maximale Hubhöhe) $s_{\min} = 484 \text{ mm}$ und im ausgefahrenen Zustand (minimale Hubhöhe) $s_{\max.} = 694 \text{ mm}$ beträgt.

Beim Hubwerk B ist der Hubweg des Hydraulikzylinders 252 mm, die Zylinderlänge im eingefahrenen Zustand (maximale Hubhöhe) beträgt $s_{\min} = 452 \text{ mm}$, und im ausgefahrenen Zustand (minimale Hubhöhe) $s_{\max.} = 704 \text{ mm}$.

Die Hydraulikzylinderlänge „s“ wird gemessen von der Mitte des Kolbenstangendrehlagers bis zur Mitte des Zylinderdrehlagers.

Die Untersuchung der beiden Fronthubwerke wird mit der größtmöglichen Bereifung durchgeführt (Reifendurchmesser Vorderachse = 1300 mm).

6.1 Allgemeiner Vergleich zwischen Hubwerk A und Hubwerk B in Bezug auf Anlenkpunkte Abstand zur Vorderachse, Hubbereich und Hubkräfte:

6.1.1 Hubhöhe „ l_{BE} “:

Hubwerk A

bei maximal angehobenen Unterlenkern:	1058 mm
bei abgesenkten Unterlenkern:	239,7 mm.
daraus ergibt sich ein Hubbereich von:	818,4 mm.

Hubwerk B

bei maximal angehoben Unterlenkern:	986,3 mm
bei abgesenkten Unterlenkern:	249,2 mm
der daraus folgende Hubbereich beträgt:	737,1 mm

Im Vergleich zu Hubwerk A ist beim neuen Hubwerk B die maximale Hubhöhe um 71,7 mm reduziert, die Unterlenker-Kuppelpunkte (abgesenkte Unterlenker) sind um 9,5 mm höher und der Hubbereich ist um 81,3 mm verringert.

Durch den geringeren Hubbereich bzw. die geringere Hubhöhe der Unterlenker hat sich die Bodenfreiheit beim angehobenen Anbaugerät verringert. Genügend Bodenfreiheit ist zB bei Mäharbeiten wichtig, um die Grasschwaden problemlos überfahren zu können.

Die Unterlenker-Kuppelpunkte, die bei Fronthubwerk B mit abgesenkten Unterlenkern etwas höher als bei Hubwerk A sind, sollten nach DIN 9612 maximal 200 mm über dem Boden sein. Dieser Wert wurde aber auch beim Hubwerk A nicht eingehalten (zum Vergleich siehe Tabelle 6 für Hubwerk A und Tabelle 7 für Hubwerk B – Abstand Unterlenkerfanghaken zum Boden bei maximaler Hydraulikzylinderlänge).

6.1.2 Max. Abstand von Mitte Vorderachse (MVA) zu Unterlenkerkugeln (BE):

Hubwerk A

Abstand $X_{BE} = 1524$ mm

Hubwerk B

Abstand $X_{BE} = 1411$ mm

Durch den um 113 mm reduzierten Abstand von den Unterlenkerkugeln zur Vorderachse des Hubwerks B verglichen mit dem Hubwerk A wird der Schwerpunkt des Arbeitsgerätes näher an die Vorderachse gebracht, dadurch wird die Vorderachse mehr entlastet.

6.1.3 Abstand von Mitte Vorderachse (MVA) zum Unterlenker-Anlenkpunkt (PLF) in X- und Y-Richtung:

Hubwerk A

Abstand in X-Richtung, $X_{LF} = 722 \text{ mm}$

Abstand in Y-Richtung, $Y_{LF} = 45 \text{ mm}$

Hubwerk B

Abstand in X-Richtung, $X_{LF} = 405 \text{ mm}$

Abstand in Y-Richtung, $Y_{LF} = 125 \text{ mm}$

Der Unterlenker Anlenkpunkt beim Hubwerk B ist in X-Richtung um 317 mm näher an der Vorderachsmittle als beim Hubwerk A. In Y-Richtung ist der Abstand zur Vorderachsmittle des Hubwerks B um 80 mm größer bzw. näher zum Boden.

6.1.4 Maximal einsetzbare Hubkräfte Unterlenkerkugeln:

Hubwerk A

Hubkraft $F_{y3} = 37,1 \text{ KN}$

Hubwerk B

Hubkraft $F_{y3} = 41,9 \text{ KN}$

Das Hubwerk B hat eine um 4,8 KN größere Hubkraft als das Hubwerk A.

Die Abbildungen zeigen die graphischen Darstellungen zu den tabellarischen Auswertungen der nach unterschiedlichen Masthöhen unterteilten Abschnitten. Die Ausgangslage mit waagrechten Unterlenkern (l_t) bei optimaler Oberlenkerlänge (l_o) und mit senkrecht stehendem Mast (m) sowie dem anschließenden Dreieck, das sich durch Verbinden der Anbaupunkte des Arbeitsgerätes wie Oberlenker-Anbaupunkt (TLI), Unterlenker-Anbaupunkt (BE) und Geräteschwerpunkt (CG) ergibt, ist in den Abbildungen (36 bis 44) mit dunklen Linien dargestellt. Weiters sind noch die Zylinderlänge (s), Achsmittelpunkt (MVA), die einzelnen Dreh- und Anlenkpunkte für Oberlenker

(TL), Unterlenker (PLF) und Hydraulikzylinder (C) angegeben. Die beiden roten Dreiecke zeigen die Arbeitsgeräte-Anbaupunkte und den Geräteschwerpunkt des Fronthubwerks mit oberster und unterster Hubposition. Die dazwischen liegenden Hubpositionen sind als rot-strichlierte Linien dargestellt und beziehen sich auf die „Hydraulik-Zylinderlänge“ der Tabelle.

6.2 Vergleich der Kinematik von Hubwerk A und Hubwerk B:

6.2.1 Hubwerk A:

Hydraulik- zylinder- länge „S“	Hub- winkel „ α “	Abstand Unterlenker- kugel zum Boden „ l_{BE} “	Mastneigungswinkel „ γ “			Hubkräfte Unterlenker -Fanghaken „ F_{y3} “
			Mast- höhe 510	Mast- höhe 610	Mast- höhe 660	
484,0	34,4	1058,1	4,3	13,7	17,5	62,0
505,0	29,0	994,0	2,3	9,9	12,9	58,5
526,0	23,6	926,1	1,0	6,9	9,3	55,3
547,0	18,1	854,5	0,1	4,6	6,3	52,5
568,0	12,5	779,1	-0,3	2,7	3,9	49,9
589,0	6,8	699,8	-0,4	1,3	1,9	47,5
610,0	0,8	616,5	-0,1	0,1	0,2	45,2
631,0	-5,4	529,1	0,7	-0,7	-1,2	43,1
652,0	-12,1	437,4	1,9	-1,2	-2,4	41,1
673,0	-19,2	341,1	4,2	-1,3	-3,3	39,1
694,0	-27,1	239,7	8,5	-0,9	-3,8	37,1

Tabelle 6: Auswertung der Hubpositionen, Hubwerk A

Masthöhe 510 mm

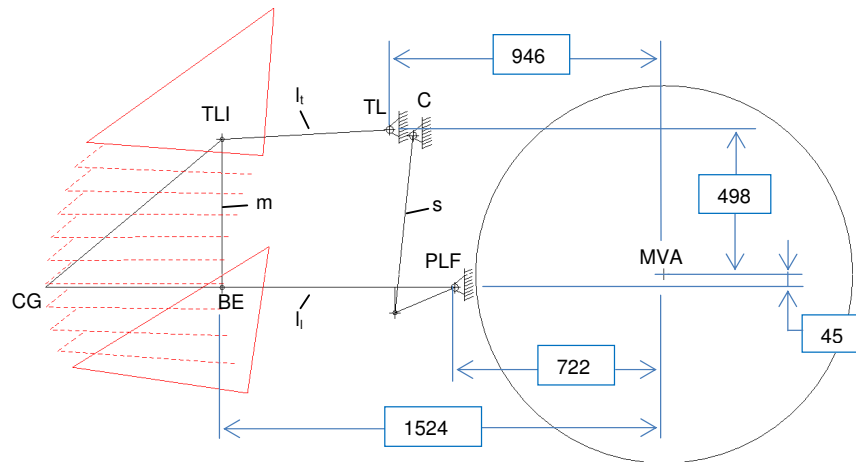


Abbildung 36: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk A, Masthöhe 510

Hubkinematik

Beim Anheben des Arbeitsgerätes kippt der Mast, ausgehend von der Ausgangslage (waagrechte stehende Unterlenker) bei der Zylinderlänge von 613,1 mm und senkrecht stehenden Mast ($\gamma = 0^\circ$) bis zu der Zylinderlänge von $S = 589$ mm, zuerst geringfügig in den negativen Bereich, $\gamma = -0,4^\circ$ und dreht dann in den positiven Bereich bei maximal angehobenem Fronthubwerk (Zylinderlänge $s = 484$ mm) auf $\gamma = 4,3^\circ$ (Abbildung 36/Tabelle 6).

Beim Absenken aus der Ausgangslage des Hubwerks dreht der Mast bis zum maximal abgesenktem Hubwerk (Zylinderlänge $s = 694$ mm) in den positiven Bereich bis $\gamma = 8,5^\circ$ (Abbildung 36/Tabelle 6).

Masthöhe 610 mm

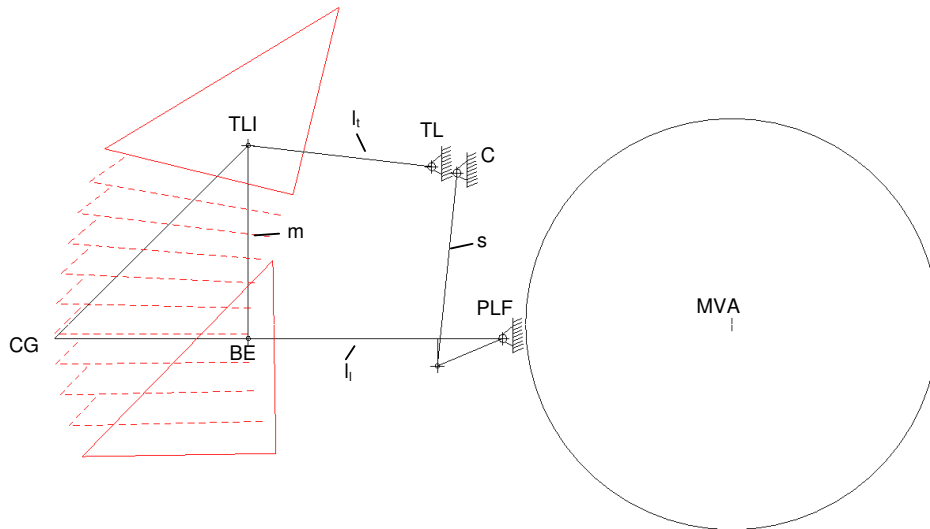


Abbildung 37: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk A, Masthöhe 610

Hubkinematik

Der Mast schwenkt beim Anheben in positiver Richtung von der Ausgangslage in die oberste Endlage auf $\gamma = 13,7^\circ$ (Abbildung 37/Tabelle 6).

Beim Absenken des Hubwerks schwenkt der Mast bis zu der Zylinderlänge $s = 673 \text{ mm}$ um $\gamma = -1,3^\circ$ in negative Richtung und schwenkt bei maximal abgesenktem Hubwerk auf $\gamma = -0,9^\circ$ zurück (Abbildung 37/Tabelle 6).

Im Allgemeinen bewegt sich das Hubwerk beim Heben und Senken auf einer langen Strecke (Zylinderlänge $s = 568 \text{ mm}$ bis 694 mm) ziemlich parallel (Abbildung 37/Tabelle 6).

Masthöhe 660 mm

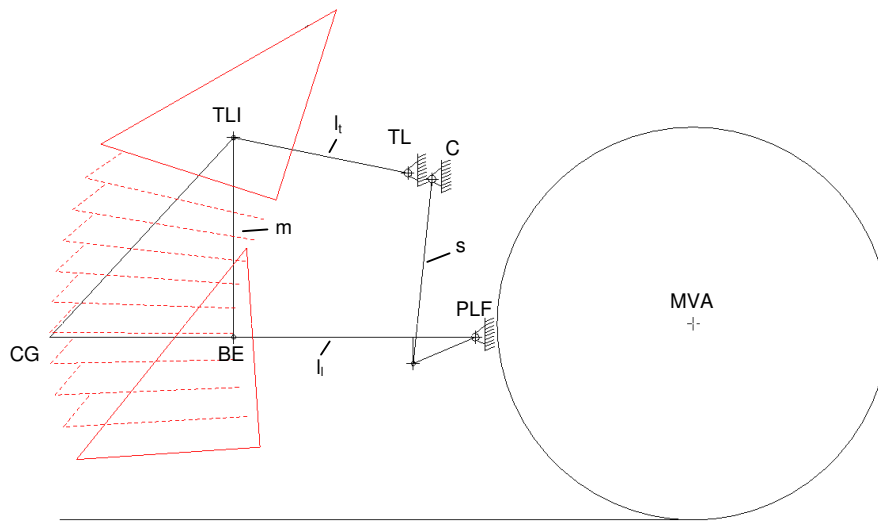


Abbildung 38: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk A, Masthöhe 660

Hubkinematik

Beim Heben des Hubwerks aus der Ausgangslage neigt sich der Mast zwischen der Zylinderlänge $s = 547\text{mm}$ bis 484 mm stark nach hinten und erreicht in der obersten Hubposition einen positiven Neigungswinkel von $\gamma = 17;5^\circ$ (Abbildung 38/Tabelle 6).

In abgesenktem Zustand wird der Mast $\gamma = -3,2^\circ$, in negativer Richtung nach vorne geneigt (Abbildung 38/Tabelle 6).

Annähernd parallel gehoben wird das Hubwerk im Bereich der Zylinderlänge von $s = 652\text{ mm}$ bis 589 mm (Abbildung 38/Tabelle 6).

6.2.2 Hubwerk B:

6.2.2.1 Oberlenkeranlenkpunkt TL₁

Hydraulik- zylinder- länge „s“	Hub- winkel „α“	Abstand Unterlenker- kugel zum Boden „l _{BE} “	Mastneigungswinkel „γ“			Hubkräfte Unterlenker -Fanghaken „F _{y3} “
			Mast- höhe 510	Mast- höhe 610	Mast- höhe 660	
452,0	27,3	986,3	-5,6	4,5	8,7	52,9
477,2	23,2	920,7	-5,9	2,4	5,8	51,4
502,4	19,0	853,2	-5,7	1,0	3,7	50,0
527,6	14,9	783,8	-5,1	0,0	2,1	48,6
552,8	10,7	712,6	-4,2	-0,5	1,0	47,4
578,0	6,5	639,5	-2,9	-0,6	0,3	46,2
603,2	2,3	564,6	-1,1	-0,3	0,0	45,2
628,4	-2,1	488,1	1,2	0,4	0,1	44,2
653,6	-6,6	409,9	4,3	1,5	0,5	43,3
678,8	-11,2	330,2	8,7	3,3	1,4	42,6
704,0	-15,9	249,2	16,6	6,0	3,0	41,9

Tabelle 7: Auswertung der Hubpositionen, Hubwerk B

Masthöhe 510 mm

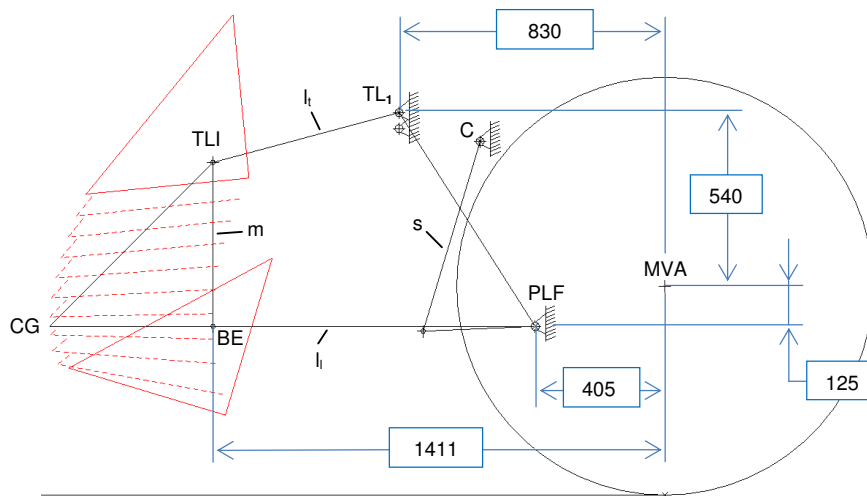


Abbildung 39: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk B, Masthöhe 510, TL₁

Hubkinematik

Bereits beim Anheben des Arbeitsgerätes, in der ersten Position nach der Ausgangslage, bei einer Zylinderlänge von 603,2 mm neigt sich der Mast nach vorne um $\gamma = -1,1^\circ$ und erreicht bei maximal angehobenen Unterlenkern (Zylinderlänge $s = 452\text{ mm}$) einen negativen Mastneigungs-winkel von $\gamma = -5,6^\circ$ (Abbildung 39/Tabelle 7).

Beim Absenken neigt sich der Mast in der ersten Position (Zylinderlänge $s = 628,4$) nach der Ausgangslage um $\gamma = 1,2^\circ$ in die umgekehrte positive Richtung und schwenkt weiter stark nach hinten beim weiteren Absenken in die unterste Endlage (Zylinderlänge $s = 704\text{ mm}$) $\gamma = -16,6^\circ$ (Abbildung 39/Tabelle 7).

6.2.2.2 Oberlenkeranlenkpunkt TL₂

Hydraulik- zylinder- länge „s“	Hub- winkel „α“	Abstand Unterlenker- kugel zum Boden „l _{BE} “	Mastneigungswinkel „γ“			Hubkräfte Unterlenker -Fanghaken „F _{y3} “
			Mast- höhe 510	Mast- höhe 610	Mast- höhe 660	
452,0	27,3	986,3	-0,2	9,4	13,3	52,9
477,2	23,2	920,7	-1,6	6,3	9,5	51,4
502,4	19,0	853,2	-2,3	4,0	6,5	50,0
527,6	14,9	783,8	-2,6	2,3	4,2	48,6
552,8	10,7	712,6	-2,4	1,1	2,5	47,4
578,0	6,5	639,5	-1,8	0,4	1,2	46,2
603,2	2,3	564,6	-0,7	0,0	0,3	45,2
628,4	-2,1	488,1	0,8	0,1	-0,2	44,2
653,6	-6,6	409,9	3,0	0,6	-0,4	43,3
678,8	-11,2	330,2	6,2	1,5	-0,1	42,6
704,0	-15,9	249,2	11,3	3,2	0,6	41,9

Tabelle 8: Auswertung der Hubpositionen, Hubwerk B, TL₂

Masthöhe 510 mm

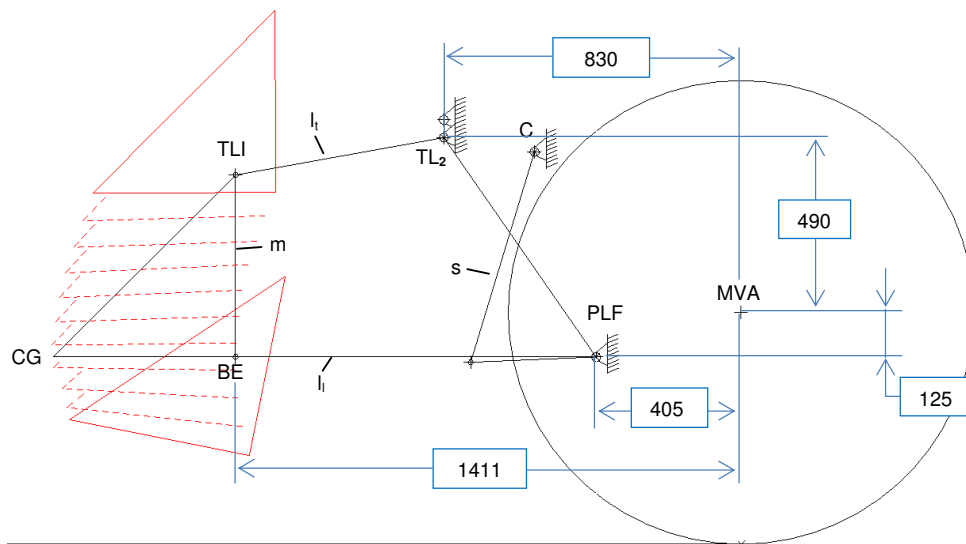


Abbildung 42: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk B, Masthöhe 510, TL₂

Hubkinematik

Bei Verwenden des unteren Oberlenker-Anlenkpunkts hebt das Hubwerk das Arbeitsgerät von der Ausgangslage bis zur maximalen Hubhöhe ziemlich parallel, wobei der Mast beim Anheben bis zu der Zylinderlänge von $s = 527,6$ einen Schwenk um $\gamma = -2,6^\circ$ nach vorne macht und bei maximaler Hubhöhe wieder zurückschwenkt auf $\gamma = -0,2^\circ$ (Abbildung 42/ Tabelle 8).

Wird das Anbaugerät aus der Ausgangslage ganz nach unten abgesenkt, neigt sich der Mast um $\gamma = 11,3^\circ$ nach hinten (Abbildung 42/ Tabelle 8).



Masthöhe 660 mm

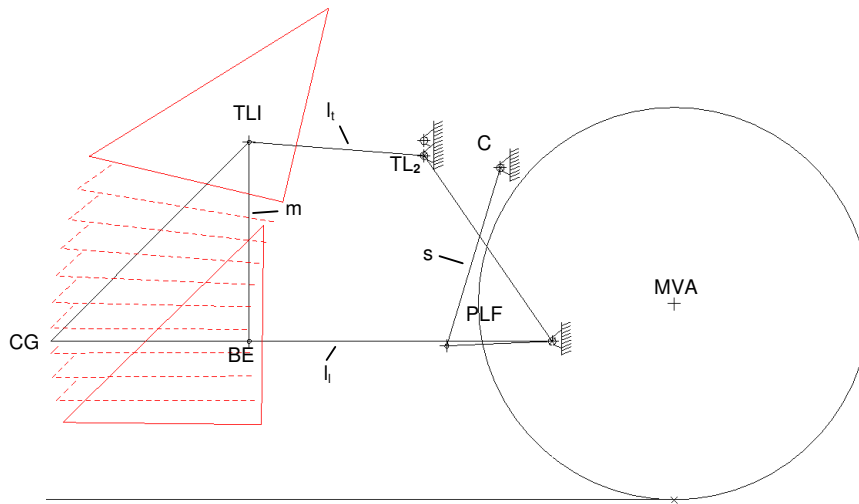


Abbildung 44: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk B, Masthöhe 660, TL₂

Hubkinematik

Beim Hubwerk B mit Verwendung des unteren Oberlenker-Anlenkpunkts schwenkt der Mast in oberster Hubposition in positiver Richtung um $\gamma = 13,3^\circ$ nach vorne (Abbildung 44/Tabelle 8).

Von der Ausgangslage in die unterste Hubposition bewegt sich das Anbaugerät fast parallel, sodass der Mastneigungswinkel in positiver Richtung nur $\gamma = 0,6^\circ$ beträgt (Abbildung 44/Tabelle 8).

Der annähernd parallele Hubbereich des Anbaugerätes liegt zwischen der Hydraulikzylinderlänge $s = 704 \text{ mm}$ bis $552,8 \text{ mm}$ (Abbildung 44/Tabelle 8).

6.2.3 Bewertung:

6.2.3.1 Masthöhe 510 mm

Die Masthöhe von 510 mm ist keine Standardmasthöhe für ein Kategorie-2-Hubwerk, aber trotzdem soll nach DIN Norm 9612 ein Betrieb mit dieser Masthöhe möglich sein. In Bezug auf die Hub- und Senkbewegung ist das Hubwerk A besser als Hubwerk B. Hubwerk A hat zwar auch den Nachteil, dass der Mast beim Absenken aus der Ausgangslage nach hinten kippt, aber nicht so stark wie bei Hubwerk B. Positiv ist bei Hubwerk A weiters, dass der Mast in oberster Position nach hinten schwenkt ($\gamma = 4,3^\circ$), was allgemein bei Hubwerk B nicht der Fall ist. Nach DIN 730-1 sollte die Mastneigung in Transportstellung (Hubwerk ganz angehoben) bei einem Nicht-Standardmast -3° bis $+3^\circ$ betragen. Das Hubwerk B mit Verwendung des oberen Oberlenkeranlenkpunktes (TL_1) hat die schlechteren Eigenschaften bezüglich Heben und Senken des Arbeitsgerätes, dh der Mast kippt mit abgesenkten Unterlenkern am stärksten nach hinten und erfüllt auch bei maximal angehobenen Unterlenkern die nach DIN Norm 9612 vorgegebenen Mastneigungswinkel für den Transport von -3° bis $+3^\circ$ nicht.

6.2.3.2 Masthöhe 610 mm

Bei der Masthöhe 610 (Standard-Masthöhe für Kategorie-2-Hubwerke) hat das Hubwerk A gegenüber B eine bessere Kinematik, da das Anbaugerät auf einer längeren Hubstrecke nahezu parallel geführt wird, dh vom ganz abgesenkten Hubwerk mit einer Hubhöhe $l_{BE} = 239,7$ mm bis zu einer Hubhöhe $l_{BE} = 779,1$ mm. Vor allem bei Arbeitsgeräten mit Zapfwellenbetrieb hat dies den Vorteil, dass die Ungleichförmigkeit der Gelenkwellen (zB bei Frontmähwerken) auf dieser Hubstrecke gering ist. Bei angehobenem Arbeitsgerät (Transportstellung) neigt sich der Mast nach hinten ($\gamma = 13,7^\circ$) und verlagert dadurch den Schwerpunkt beim Transport näher zur Vorderachse. Nach DIN Norm 9612 sollte sich der Mast des Arbeitsgerätes bei Hubwerken mit Standard-Masthöhe um $+10^\circ$ bis $+15^\circ$ nach hinten neigen. Hubwerk B erfüllt diese Anforderungen bei beiden Oberlenkeranlenkpunkten nicht (Mastneigung bei $TL_1 = 4,5^\circ$, bei $TL_2 = 9,4^\circ$),

wobei die Kinematik bei Verwendung des unteren Oberlenkeranlenkpunkts (TL_2) betreffend Mastneigung deutlich besser ist als bei Verwendung des oberen Unterlenkeranlenkpunkts und daher nahe an die Eigenschaften des Hubwerks A herankommt.

6.2.3.3 Masthöhe 660 mm

Ausgehend von der Ausgangslage hat das Hubwerk A mit der Masthöhe von 660 mm einen sehr kleinen Hubbereich, auf dem sich das Anbaugerät annähernd parallel auf und ab bewegt (652 mm bis 589 mm). Hubwerk B hat mit dieser Masthöhe hingegen, sowohl bei Verwendung des oberen als auch bei Verwendung des unteren Oberlenkeranlenkpunktes die bessere Kinematik und daraus folgend einen viel größeren Bereich, auf dem sich das Arbeitsgerät annähernd parallel bewegt. In diesem Fall ist Hubwerk B besser für zapfwellenbetriebene Frontanbaugeräte geeignet als Hubwerk A.

6.3 Überprüfung der Unterlenker in Parkposition:

Weiters stellte sich bei der Analyse heraus, dass bei Hochklappen der Unterlenker in die Parkposition die Fanghaken in den Lichtkegel der in die Motorhaube platzierten Scheinwerfer ragen und dadurch das Fernlicht beeinträchtigen (Abbildung 45). Die Ursache dafür ist, dass beim Hubwerk B die aus Geometrie Gründen verlängerten Unterlenker in Parkposition um 124 mm weiter nach oben ragen als bei Hubwerk A.



Abbildung 45: Fanghaken ragt in den Lichtkegel

Nach EG-Richtlinie darf sich kein Hindernis im Leuchtkegel des Scheinwerfers befinden [2009/61/EG, S. 24].

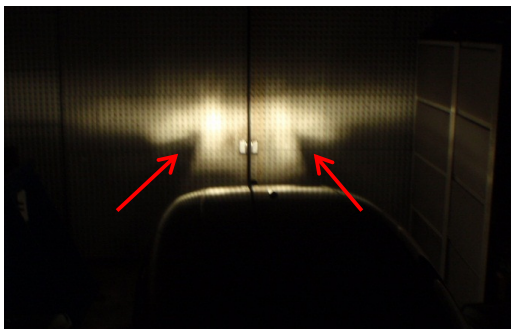


Abbildung 47: Lichtverhältnisse bei Unterlenker in Parkposition

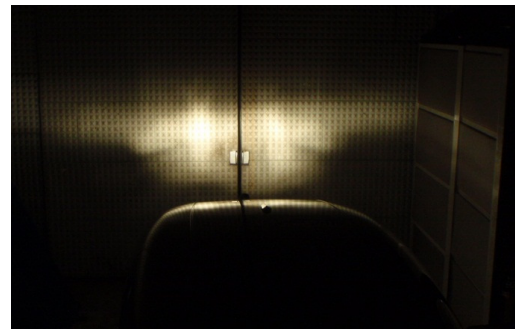


Abbildung 46: Lichtverhältnisse bei abgesenkten Unterlenkern

Nach Überprüfung der Lichtverhältnisse in der Versuchswerkstätte in einem verdunkelten Raum ist eindeutig erkennbar, dass das von den Scheinwerfern an die Wand projizierte Lichtfeld rechts und links unten einen Schatten, der durch die Fanghaken verursacht wird, sichtbar werden lässt, wenn die Unterlenker in die Parkposition hochgeklappt sind. Abbildung 47 zeigt die Lichtverhältnisse bei abgesenkten Unterlenkern und Abbildung 46 zeigt die Lichtverhältnisse mit den Unterlenkern in Parkposition (rote Pfeile zeigen die Schatten).

6.4 Vorderachsbelastung:

Der Vergleich bzw. der Vorderachsbelastung zwischen Hubwerk A und B wird an beiden Hubwerken anhand der Berechnung (Gl. 33) gemacht. Das Frontanbaugerät (zB Mähwerk) wird jeweils mit einem Gewicht von 2000 kg angenommen.

Abbildung 48 zeigt den Lageplan für die statisch einwirkenden Kräfte am Traktor mit Frontanbaugerät [Eichhorn, 1999, S. 127-138].

Kräfte und Längenangaben:

Eigengewicht Traktor: $F_{GVW} = 138,9 \text{ KN}$

Gewicht Frontgerät: 2000 kg $\rightarrow F_{FG} = 20 \text{ KN}$

Abstand zwischen Vorder- und Hinterachse: $l_1 = 2884 \text{ mm}$

Abstand vom Geräteschwerpunkt zur Vorderachse:

- Hubwerk A: $l_2 = 2134 \text{ mm}$
- Hubwerk B: $l_2 = 2012 \text{ mm}$

$$F_{VA} = \frac{F_{FG} * (l_1 + l_2) + F_{GVW} * l_1/2}{l_1} \quad (\text{Gl.33})$$

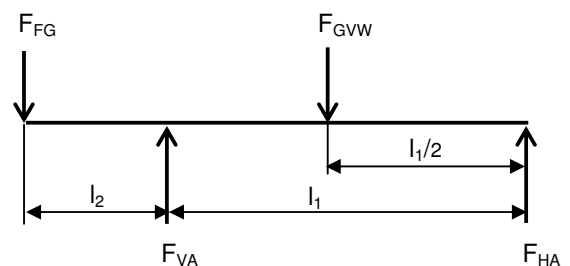


Abbildung 48: Lageplan

Die Vorderachse wird mit einem Frontgerät von 2000kg am Hubwerk A mit $F_{VA} = 104,2 \text{ KN}$ und am Hubwerk B mit $F_{VA} = 103,4 \text{ KN}$ belastet. Daraus ergibt sich eine Vorderachsentlastung bei Hubwerk B im Vergleich zu Hubwerk A um 80 kg.

7. Vergleich der Gelenkwellen und Zapfwellensituation

Für die Untersuchung der Gelenk- und Zapfwellensituation an Fronthubwerk A und B wird ein Standard Frontmähwerk für die Hubwerkskategorie 2 mit einer Masthöhe von 610 mm verwendet. Verglichen wird dabei die Zapfwellenposition und die Abwinkelung bzw. Ungleichförmigkeit der Gelenkwelle bei angehobenem Hubwerk und bei auf dem Boden abgesenkten Hubwerk (Arbeitsstellung) sowie der mögliche Arbeitsbereich, ohne dass dabei die maximale Abwinkelung und Ungleichförmigkeit der Gelenkwelle überschritten wird.

Weiters wird für die Bewertung und Analyse eine Standard-Gelenkwelle „W“ verwendet, für die eine Dauerabwinkelung von $\alpha = 25^\circ$ und ein kurzzeitiger Winkel von $\beta = 45^\circ$ zulässig ist [www3, S. 15].

7.1 Zapfwellenposition:

Als fixe Referenzpunkte für den Vergleich der Zapfwellenposition der beiden Hubwerke werden in vertikaler Richtung die Kurbelwelle und in Traktorlängsrichtung die Vorderachse herangezogen.

Die Zapfwellenposition des Hubwerks B hat sich im Vergleich zum Hubwerk A in vertikaler Richtung und in Traktorlängsrichtung folgendermaßen verändert: Der Abstand zwischen Kurbelwellenmitte (KWM) und Zapfwellenmitte (ZWM) hat sich bei Hubwerk A von 243 mm auf 124 mm bei Hubwerk B und der Abstand der Zapfwellenstirnfläche zur Vorderachsmittle bei Hubwerk A von 920 mm auf 703 mm reduziert (siehe Abbildung 49 und 50).

Somit wurde die Zapfwelle des neuen Hubwerks B um 119 mm nach oben und um 217 mm in Richtung Vorderachse verschoben. Dadurch wird aber die Norm nach DIN ISO nicht mehr erfüllt. Die Abmessung von der Zapfwellenmitte bis zum Boden beträgt bei Hubwerk B 886 mm und ist in der Norm DIN ISO 8759-1 mit maximal 850 mm angegeben (siehe Punkt 4.2.8.4). Die Abmessung von der Stirnfläche der Zapfwelle bis zur Mitte der Unterlenkerkugel bei waagrecht ausgerichteten Unterlenkern beträgt 708 mm, nach Norm DIN 9612 sollte der Wert maximal 675 mm betragen (siehe Punkt 4.2.8.3).

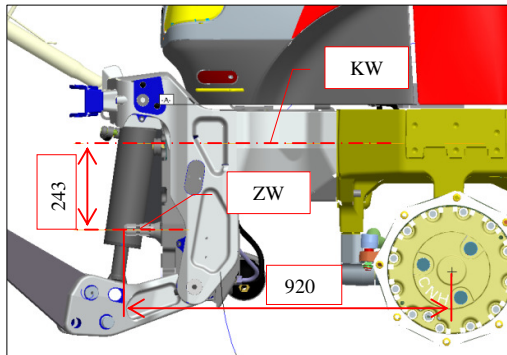


Abbildung 49: Position Zapfwelle Hubwerk A

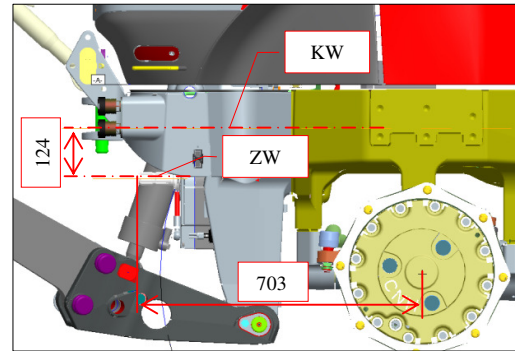


Abbildung 50: Position Zapfwelle Hubwerk B

7.2 Gelenkwellenabwinkelung:

Der Vergleich bzw. die Analyse der Gelenkwellensituation erfolgt zwischen Hubwerk A und Hubwerk B, wobei aufgrund der besseren Hubwerkskinematik der Oberlenkeranlenkpunkt TL_2 verwendet wird.

Die nachfolgenden Abbildungen 51 bis 54 zeigen die Hubwerke A und B mit jeweils angehobenem und abgesenktem Mähwerk. Die Gelenkwelle ist schematisch als rote Line gezeichnet, auf der auch die Beugewinkel angegeben sind.

7.2.1 Arbeitsgerät auf dem Boden abgesenkt:

Bei abgesenktem Mähwerk (Arbeitsstellung) wird der Oberlenker bei beiden Hubwerksvarianten (A und B) so eingestellt, dass es waagrecht am ebenen Boden aufliegt und somit der Beugewinkel α an beiden Gelenken gleich ist und daher auch die Ungleichförmigkeit 0 ist.

Bei Hubwerk A ist der Beugewinkel der Gelenkwelle (10.4°) flacher als bei Hubwerk B (16.3°), da der Versatz zwischen Zapfwellenausgangswelle des Traktors und der Zapfwelleneingangswelle des Mähwerks geringer ist als bei Hubwerk B.

Der Grund der größeren Gelenkwellenabwinkelung des Hubwerks B ist die nach oben verschobene Zapfwellenposition. Diese größere Gelenkwellenabwinkelung stellt aber kein Problem dar, da der erlaubte Dauerbeugewinkel von $\alpha = 25^\circ$ in Arbeitsstellung nicht überschritten wird. (siehe Abbildung 51 und 52).

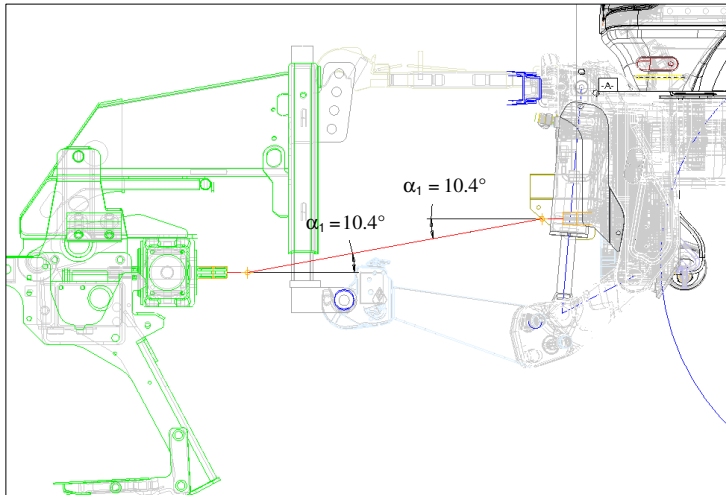


Abbildung 51: Hubwerk A, Gelenkwellsensituation mit abgesenktem Mähwerk

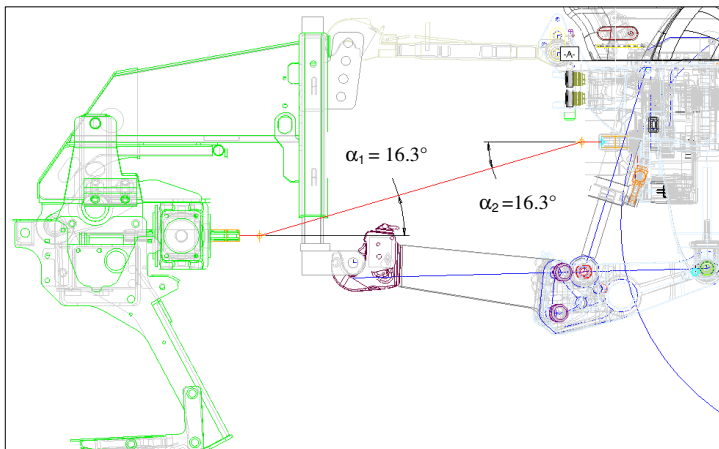


Abbildung 52: Hubwerk B, Gelenkwellsensituation mit abgesenktem Mähwerk

7.2.2 Arbeitsgerät angehoben:

Mit maximal angehobenem Mähwerk bei Hubwerk A ist der Beugewinkel der Gelenkwelle mähwerkseitig $19,6^\circ$ und traktorseitig $33,4^\circ$ (siehe Abbildung 53) . Auf Grund dieser Winkeldifferenzen ergibt sich eine Ungleichförmigkeit der Gelenkwelle, die wie folgt berechnet wird: $U = \sin 33,4 \cdot \tan 33,4 - \sin 19,6 \cdot \tan 19,6 = 0,24$. Die Ungleichförmigkeit beträgt somit 24%.

Bei Hubwerk B beträgt der Beugewinkel mähwerkseitig $6,5^\circ$ und traktorseitig $15,4^\circ$ (siehe Abbildung 55).

Berechnung der Ungleichförmigkeit $U = \sin 15,4 \cdot \tan 15,4 - \sin 6,5 \cdot \tan 6,5 = 0,06$. Daraus folgt $U = 6\%$.

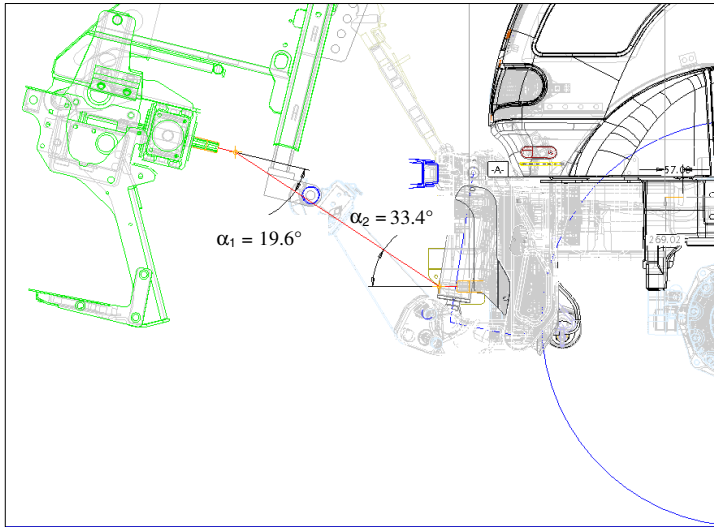


Abbildung 53: Hubwerk A, Gelenkwellensituation mit angehobenem Mähwerk

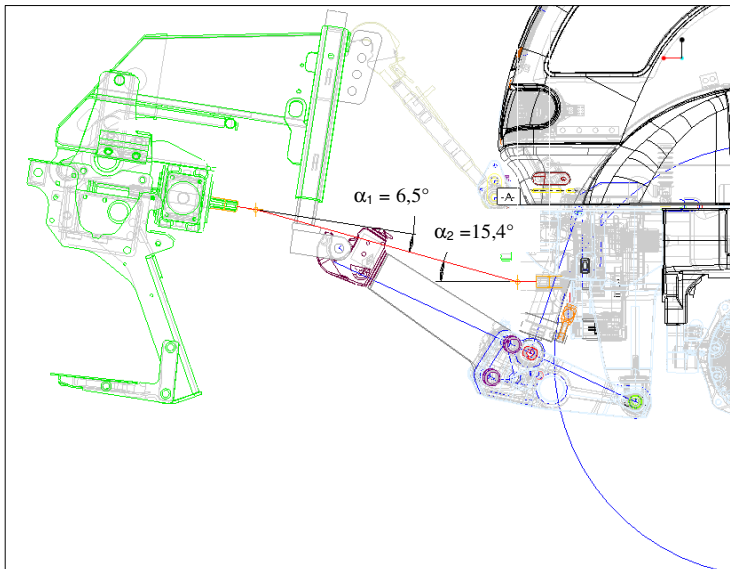


Abbildung 54: Hubwerk B, Gelenkwellensituation mit angehobenem Mähwerk

7.2.3 Möglicher Hubbereich bis zum Erreichen der zulässigen Ungleichförmigkeit:

Der mögliche Hubbereich liegt zwischen maximaler und minimaler Hubhöhe des Anbaugerätes ohne dabei die erlaubte Ungleichförmigkeit der Gelenkwelle zu überschreiten. Dieser Wert ist vom Gelenkwellenhersteller "WALTERSCHEID" bei einer Zapfwellendrehzahl von 1000 U/min mit 3% angegeben [www3, S. 10].

Hubwerk A

Die maximale Hubhöhe bis zum Erreichen der zulässigen Ungleichförmigkeit ist bei einer Unterlenkerhöhe (Mitte Unterlenkerkugel zum Boden) von 843 mm möglich. Abgesenkt (unter Bodenniveau, zB. bei starken Bodenunebenheiten) können die Unterlenker bis auf die minimale Unterlenkerhöhe von 239,7 mm werden, ohne die zulässige Ungleichförmigkeit zu überschreiten. Daraus ergibt sich ein Arbeitsbereich von 603,3 mm.

Hubwerk B

Die Unterlenker des Hubwerks B können maximal 935 mm angehoben werden ohne dabei die zulässige Ungleichförmigkeit zu überschreiten. Abgesenkt (unter Bodenniveau) können die Unterlenker bis zum Erreichen der vom Hersteller "WALTERSCHEID" angegebenen zulässigen Ungleichförmigkeit bis 324 mm (Mitte Unterlenkerkugel zum Boden) werden. Der daraus resultierende Arbeitsbereich beträgt 611 mm [www3, S. 10].

7.3 Bewertung der Gelenkwellenabwinklung:

7.3.1 Arbeitsgerät auf dem Boden abgesenkt:

Sowohl bei Hubwerk A als auch bei Hubwerk B ist bei auf dem Boden abgesenktem Mähwerk die Ungleichförmigkeit der Gelenkwelle 0; die Beugewinkel sind unterschiedlich, $10,4^\circ$ bei Hubwerk A und $16,3^\circ$ bei Hubwerk B. Beide liegen deutlich unter dem nach Hersteller "WALTERSCHEID" erlaubten Dauerbeugewinkel von 25° [www3, S. 10].

7.3.2 Arbeitsgerät angehoben:

Aufgrund der großen Ungleichförmigkeit der Gelenkwelle (24%) des Hubwerks A bei angehobenem Gerät musste eine automatische Zapfwellenabschaltung eingebaut werden, die die Zapfwelle auf der Hubhöhe bei der die zulässige Ungleichförmigkeit überschritten wird abschaltet.

Bei angehobenem Mähwerk des Hubwerk B sind die Beugewinkel der Gelenkwelle viel kleiner als bei Hubwerk A und daraus folgend ist auch die Ungleichförmigkeit geringer.

Der Vorteil bei Hubwerk B ist, dass dadurch keine Zapfwellenabschaltung mehr notwendig ist. Die Ungleichförmigkeit wird mit 6% zwar auch leicht überschritten, da aber das Arbeitsgerät mit maximaler Drehzahl der Zapfwelle von 1000 U/min nur in Arbeitsstellung (Mähwerk am Boden abgesenkt) gefahren wird und bei angehobenen Gerät (zB beim Wenden bzw. Richtungswechsel des Traktors) die Drehzahl stark reduziert wird, stellt das kein Problem dar.

7.3.3 Arbeitsgerät unter Bodenniveau:

Beim Absenken des Hubwerks unter Bodenniveau, zB durch eine starke Bodenunebenheit, kann das Hubwerk A bis ganz nach unten (Unterlenkerabstand zum Boden 239,7 mm) abgesenkt werden ohne dabei den zulässigen Dauerbeugewinkel und die Ungleichförmigkeit der Gelenkwelle zu überschreiten.

Wird das Mähwerk beim Hubwerk B unter Bodenniveau bis ganz nach unten (Unterlenkerabstand zum Boden 239,7 mm) abgesenkt ergibt sich mähwerkseitig ein Beugewinkel der Gelenkwelle von 32° und traktorseitig ein Winkel von 35° . Es wird zwar der erlaubte Dauerbeugewinkel von 25° überschritten. Da aber das Absenken der Unterlenker bis zur untersten Position eine kurzzeitige, durch starke Bodenunebenheiten auftretende Situation ist, stellt das kein Problem dar, weil der Hersteller "WALTERSCHEID" einen kurzzeitigen Gelenkwellenbeugewinkel von bis zu 45° erlaubt.

Das neue Hubwerk B wurde bereits vom CNH-Fahrversuch intensiv im Feldeinsatz mit Mähwerk, Mulcher und Schneefräse getestet, ohne dass es zu Problemen mit der Gelenkwelle hinsichtlich Ungleichförmigkeit oder Beugewinkel gekommen ist. Weiters wurde auch kein Nachteil festgestellt, dass die Zapfwellenposition nicht ganz den Normabmessungen entspricht.

8. Problemlösungsansatz

Um eine Verbesserung bzw. Lösung der aus der Analyse hervorgegangenen wesentlichen Punkte für das Nachfolge-Hubwerk (Hubwerk B) in Bezug auf zu hoher Unterlenkerkuppelpunkte, in den Lichtkegel der Scheinwerfer ragende Unterlenker, verkleinertem Hubbereich und zu geringer Transportwinkel (Mastneigung in positiver Richtung) zu erreichen, wurde mittels CAD ein Verbesserungsvorschlag ausgearbeitet, der mit wenig Aufwand und geringen zusätzlichen Kosten umsetzbar ist.

Durch Verlängern der Kolbenstangen der Hydraulikzylinder um 45 mm und der Zylinderrohre um 10 mm werden die Hydraulikzylinder insgesamt um 55 mm verlängert. Dadurch wird erreicht, dass einerseits der Abstand der Unterlenkerkuppelpunkte zum Boden verringert wird, und andererseits durch die Verlängerung der Zylinderrohre der Hubbereich um 45 mm vergrößert wird.

Da der Abstand der Unterlenker-Kuppelpunkte zum Boden von 249,2 mm auf 200 mm zu ändern ist, ist auch an den Unterlenkern eine Anpassung im Bereich der Verbindungsstelle, an denen die Unterlenker mit der Unterlenkerschwinge verbunden sind, notwendig.

Mit diesen Änderungsmaßnahmen wird zugleich die Situation mit den in den Lichtkegel ragenden Unterlenkern, wenn sie in Parkposition hochgeklappt sind, behoben. In Abbildung 55 ist der Vergleich eines Unterlenkers im Istzustand und eines Unterlenkers mit Verbesserungsvorschlag (rot hervorgehoben) dargestellt. Darauf ist ersichtlich, dass der geänderte Unterlenker um 43 mm tiefer liegt als der derzeitige und dadurch nicht mehr in den Lichtkegel ragt.

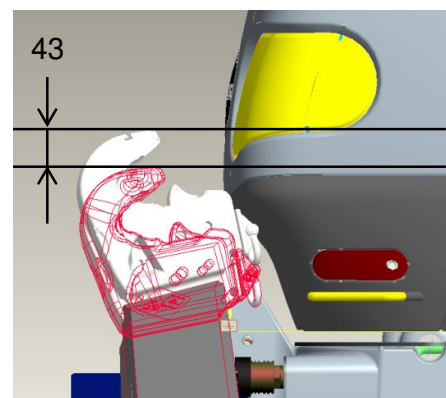


Abbildung 55: Vergleich Unterlenker

Die Mastneigung in positiver Richtung kann verbessert werden, indem ein neuer Oberlenker-Anlenkpunkt (TL_{neu}) am Hubwerksträger unterhalb des Oberlenker-Anlenkpunkts TL_2 angebracht wird (Verschiebung um 32 mm nach unten und 40 mm in Richtung Vorderachse). Aufgrund der schlechten Mastneigungswinkeleigenschaften im Oberlenker-Anlenkpunkt TL_1 kann dieser entfallen. Daraus folgend muss auch die Gusskontur in diesem Bereich angepasst werden [siehe Abbildung 56].

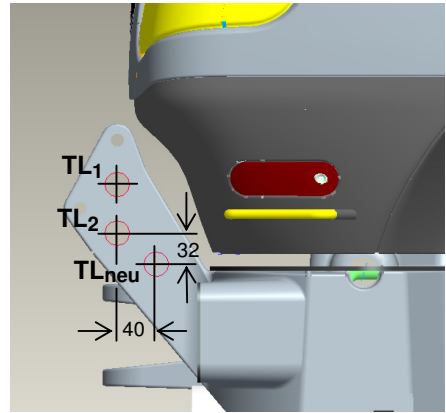


Abbildung 56: Oberlenker-Anlenkpunkte

Die nachfolgende Tabelle 9 und die graphischen Darstellungen zeigen, dass sich durch den neuen Lösungsansatz für Hubwerk B/ TL_{neu} auch die Hubwerkskinematik mit den verschiedenen Masthöhen noch etwas verbessert hat gegenüber Hubwerk B/ TL_2 . Dadurch hat die Hubwerkscharakteristik ähnlich gute Eigenschaften wie bei Hubwerk A, einzig der Abstand vom Unterlenkerkuppelpunkt zum Boden bei maximal angehobenen Unterlenkern ist um 66 mm geringer als bei Hubwerk A. Es entsprechen aber alle Punkte betreffend Mastneigungswinkeln, Kuppelpunkthöhe, Hubbereich und Transporthöhe den Normen DIN 9612 Teil 2 und DIN ISO 730-1. Der Vergleich mit Verwendung des Oberlenkpunktes TL_1 wird nicht gemacht, da die Hubwerkscharakteristik damit die schlechtesten Eigenschaften zeigt und mit dem neuen Lösungsvorschlag ersetzt werden soll.

Die maximal einsetzbare Hubkraft des Hubwerk B/TL₂ reduziert sich gegenüber dem neuen Lösungsvorschlag (Hubwerk B/TL_{neu}) von 41,9 kN auf 39,5 kN; sie liegt aber trotzdem noch über der maximalen Hubkraft von Hubwerk A mit 37,1 kN.

Hydraulik- zylinder- länge „s“	Hub- winkel „α“	Abstand Unterlenker- kugel zum Boden „l _{BE} “	Mastneigungswinkel „γ“			Hubkräfte Unterlenker- Fanghaken „F _{y3} “
			Mast- höhe 510	Mast- höhe 610	Mast- höhe 660	
497,0	27,4	992,0	2,2	10,7	14,1	54,5
523,2	23,2	924,5	0,5	7,5	10,3	52,3
549,4	18,9	854,5	-0,6	5,0	7,3	50,4
575,6	14,6	781,8	-1,1	3,1	4,9	48,6
601,8	10,2	706,3	-1,3	1,7	2,9	46,9
628,0	5,8	628,2	-1,0	0,7	1,4	45,4
654,2	1,2	547,5	-0,3	0,1	0,2	44,0
680,4	-3,5	464,2	1,0	-0,1	-0,6	42,7
706,6	-8,4	378,5	2,8	0,0	-1,0	41,5
732,8	-13,5	290,4	5,7	0,7	-1,1	40,5
759,0	-18,8	200,0	10,3	2,0	-0,6	39,5

Tabelle 9: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk B, Masthöhe 510, TL₁

Masthöhe 510 mm

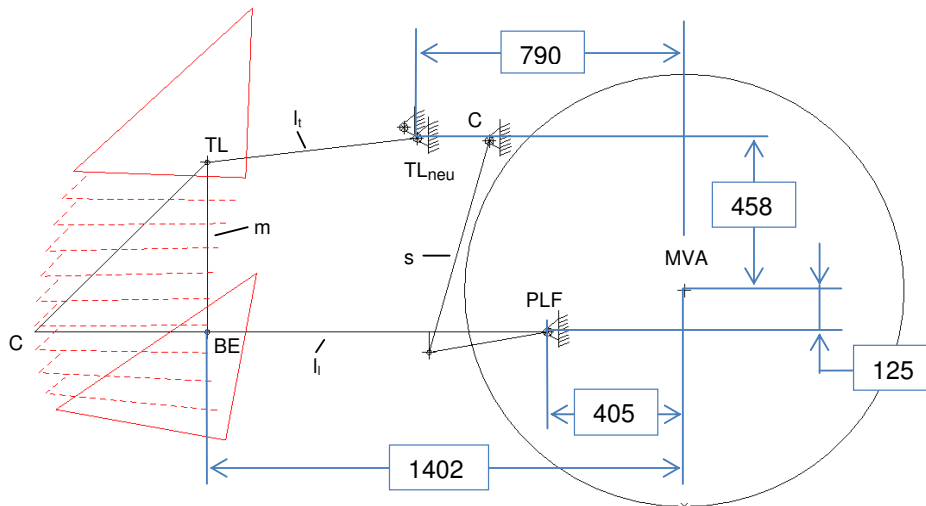


Abbildung 57: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk B, Masthöhe 510, TL_{neu}

Masthöhe 610 mm

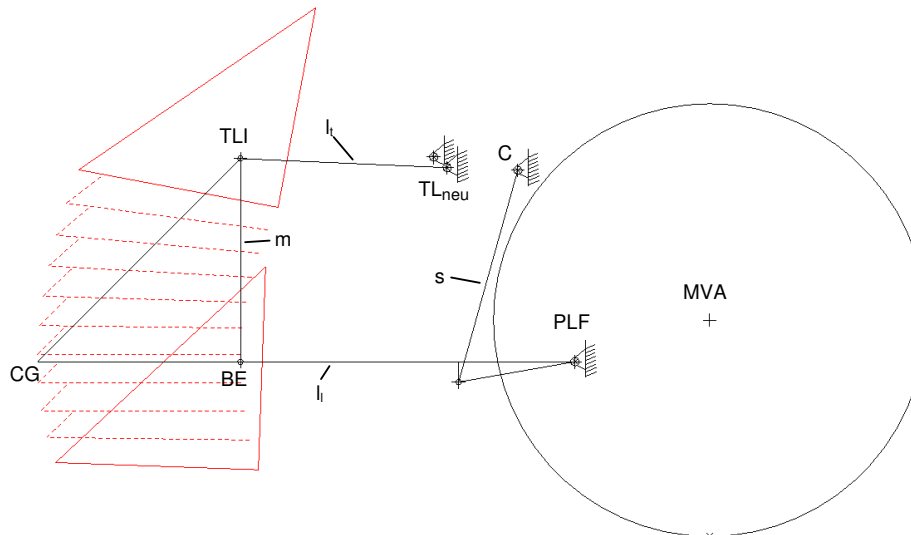


Abbildung 58: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk B, Masthöhe 610, TL_{neu}

Masthöhe 660 mm

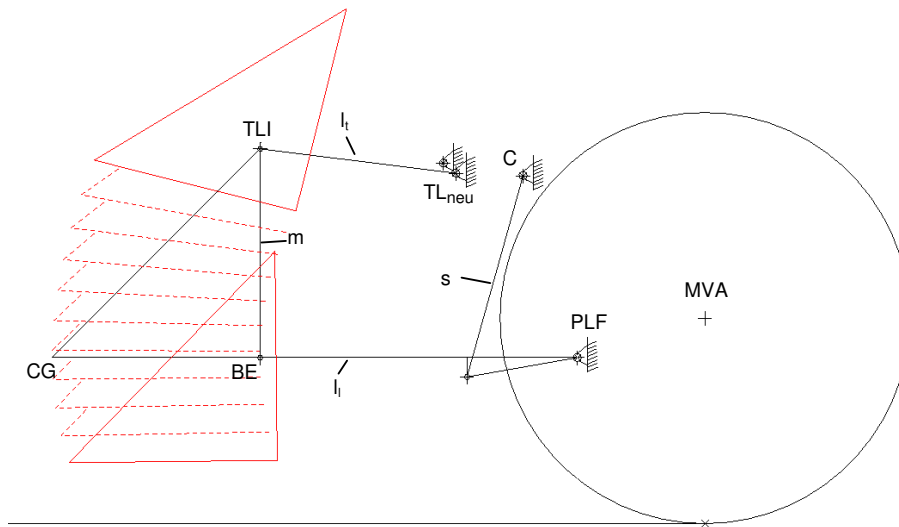


Abbildung 59: Graphische Darstellung der Hubpositionen, Hubwerk B, Masthöhe 660, TL_{neu}

Gelenkwellenabwinkelung:

Der Gelenkwellenbeugewinkel bei auf dem Boden abgesenktem und mit längenverstellbaren Oberlenker in waagrechte Position ausgerichtetem Mähwerk (Ungleichförmigkeit der Gelenkwelle = 0) beträgt mit der neuen Lösung (Hubwerk B/ TL_{neu}) $\alpha_1/\alpha_2 = 16,5^\circ$ und ist somit nur geringfügig größer als bei Hubwerk B/ TL_2 (Gelenkwellenbeugewinkel $16,3^\circ$) (Abbildung 52).

Wird das Mähwerk mit Hubwerk B/ TL_{neu} ganz angehoben, ist der Beugewinkel mähwerkseitig $\alpha_1 = 6,02^\circ$ und traktorseitig $\alpha_2 = 16,6^\circ$. Daraus ergibt sich eine Gelenkwellenungleichförmigkeit von $U = 7,4\%$. Auch in dieser Hubposition weist der neue Lösungsansatz nur geringe Differenzen betreffend Beugewinkel und Ungleichförmigkeit zum Hubwerk B/ TL_2 auf ($\alpha_1 = 6,5$, $\alpha_2 = 15,4^\circ$, $U = 6\%$) (Abbildung 54).

Bei Absenken des Mähwerks zB bei Bodenunebenheiten bis ganz nach unten (unter Bodenniveau) ist der Beugewinkel mähwerkseitig $\alpha_1 = 37,02^\circ$ und traktorseitig $\alpha_2 = 35,22^\circ$. Der daraus resultierende Ungleichförmigkeitsgrad der

Gelenkwelle beträgt $U = 4,7\%$ und ist im Vergleich mit 7% bei Hubwerk B/TL_2 deutlich besser.

Hubbereich ohne Überschreiten der zulässigen Ungleichförmigkeit der Gelenkwelle:

Wird das Mähwerk soweit angehoben, dass der Grenzwert der Ungleichförmigkeit von 3% erreicht wird, ergeben sich die Gelenkwellenbeugewinkeln von $\alpha_1 = 3,04^\circ$ und $\alpha_2 = 10,46^\circ$. Der Abstand vom Unterlenkerkuppelpunkt (Mitte Kugel) zum Boden beträgt $925,2 \text{ mm}$.

Durch Absenken des Mähwerks bis zum Erreichen der Ungleichförmigkeit von 3% erhält man die Gelenkwellenbeugewinkeln von $\alpha_1 = 34,62^\circ$ und $\alpha_2 = 33,38^\circ$ und ein Abstand vom Unterlenkerkuppelpunkt zum Boden von $234,7 \text{ mm}$.

Daraus ergibt sich eine Verbesserung des Hubbereich Hubwerk B/TL_2 von $603,3 \text{ mm}$ auf $690,5 \text{ mm}$ bei Hubwerk B/TL_{neu} .

9. Zusammenfassung

Ziel der Diplomarbeit war es, die Vorteile bzw. Nachteile des Hubwerk A und B aufzuzeigen und wenn nötig daraus folgend dem neuen Lieferanten zu informieren, welche konstruktiven Verbesserungen am Hubwerk vorzunehmen sind, um den Anforderungen eines modernen Fronthubwerkseinsatzes in Verbindung mit den Anbaugeräten gerecht zu werden.

Der erste Teil der Arbeit behandelt die Anforderungen, Beschreibung der Bauteile und Definitionen eines Dreipunktanbaus sowie die allgemeinen Grundlagen zur konstruktiven Entwicklung eines Fronthubwerks, die einerseits durch DIN ISO Normen und CNH Standards festgelegt sind und andererseits aus den Erfahrungen der CNH Mitarbeitern hervorgehen.

Im zweiten Teil der Arbeit wurden die beiden Hubwerke A und B gegenübergestellt und mit den drei Masthöhen (laut DIN 9612 Teil 2 soll eine Masthöhe bei einem Fronthubwerk von 510 bis 660 mm möglich sein) 510 mm, 610 mm und 660 mm an 11 Hubpositionen hinsichtlich Hubwerkskinematik, Hubwerkskräfte, Geometrie, Hubbereich, Hubhöhe, Unterlenkerkuppelpunkte und Vorderachsbelastung untersucht bzw. bewertet. Weiters wurde auch noch die Abwinkelung und Ungleichförmigkeit der Gelenkwelle bei zapfwellengetriebenen Frontanbaugeräten analysiert. Dazu wurde für einen allgemein üblichen Einsatz eines Fronthubwerks ein Standardfrontmähtwerk verwendet. Die Analyse erfolgte bei angehobenen, bei auf dem Boden abgesetzten und ganz nach unten (unter Bodenniveau) abgesenktem Gerät.

Nach der Untersuchung der beiden Hubwerke stellte sich heraus, dass das neue Hubwerk B vor allem bei der Masthöhe 510 mm die schlechtere Hubwerkskinematik aufweist. Bei der Standard-Masthöhe 610 mm und der Verwendung des unteren Oberlenkeranlenkpunktes TL_2 , hat Hubwerk B eine ähnlich gute Hubwerkskinematik wie Hubwerk A. Mit Masthöhe 660 mm ist Hubwerk B hinsichtlich Kinematik besser als Hubwerk A, sowohl bei Oberlenkeranlenkpunkt TL_1 als auch bei TL_2 . Auch Hubhöhe und Hubbereich sind geringer bei Hubwerk B im Vergleich zu A. Der Abstand der

Unterlenkerkuppelpunkte zum Boden ist bei beiden Hubwerken größer als nach DIN 9612 Teil 2 vorgegeben. Auch in Hinblick auf die Vorderachsbelastung erfüllt Hubwerk B die Erwartungen nicht. Das gesamte Hubwerk wurde zwar in Richtung Vorderachse versetzt, Der Effekt, dass dadurch der Geräteschwerpunkt näher zur Vorderachse kommt, ist nicht im erwarteten Ausmaß eingetreten, da aufgrund hubwerkskinematischer Kriterien die Unterlenker verlängert wurden. Beim Vergleich der Hubkräfte liegt das neue Hubwerk B besser als A.

Ein weiterer Punkt, der bei Hubwerk B aufgefallen ist, ist dass der Unterlenker in hochgeklappter Position in den Lichtkegel der Scheinwerfer ragt, was nach EG-Richtlinien nicht erlaubt ist.

Betreffend Gelenkwellenabwinkelung hat Hubwerk B den Vorteil, dass durch die geringere Abwinkelung bei angehobenem Arbeitsgerät keine Zapfwellenabschaltung mehr notwendig ist.

Als letzter Punkt der Diplomarbeit wurde noch mittels CAD ein Lösungsansatz ausgearbeitet wie das Hubwerk B mit geringem Aufwand durch Verlängern der Hydraulikzylinder, Anpassen der Unterlenker und Versetzen des Oberlenkeranlenkpunkts verbessert werden kann.

Literaturverzeichnis

[Bauer, 2003]

Bauer, Georg: Faszination Landtechnik: 100 Jahre Landtechnik – Firmen und Fabrikate im Wandel. – Frankfurt: DLG-Verlag, 2003

[Bespr.1]

Besprechung vom 10.04.2012 bei CNH: Situation Pendelausgleich quer zur Fahrtrichtung

Hr. DI J. Mayr/Leitung Versuch

Hr. C. Wörndl/Versuchstechniker

Hr. J. Ebetshuber/Konstruktion

[Bespr.2]

Besprechung vom 23.04.2012 bei CNH: geforderter Oberlenker Schwenkbereich

Hr. C. Wörndl/Versuchstechniker

Hr. J. Ebetshuber/Konstruktion

[Bespr.3]

Besprechung vom 14.05.2012 bei CNH: Position Unterlenkerschwingen bei angehobenen Unterlenkern

Hr. C. Wörndl/Versuchstechniker

Hr. J. Ebetshuber/Konstruktion

[Bespr.4]

Besprechung vom 16.05.2012 bei CNH: Position Unterlenkerlagerung

Hr. C. Wörndl/Versuchstechniker

Hr. J. Ebetshuber/Konstruktion

[CNH, Engineering Specification]

Roland Huber – 220 HP PTO ASSY, SPECIFICATION, CNH NUMBER 84524198

[DIN ISO 730-1: 1997-05]

DIN Deutsche Institut für Normung e. V.: Landmaschinen und Traktoren. – Heck–Dreipunktanbau. Teil 1: Kategorien 1, 2, 3 und 4. – Berlin: Beuth Verlag GmbH, 1997

[DIN 9612-2: 1989-05].

DIN Deutsche Institut für Normung e. V.: Landwirtschaftliche Traktoren. – Frontanbau und Zapfwelle. – Berlin: Beuth Verlag GmbH, 1989

[DIN ISO 8759-1: 1999-10]

DIN Deutsche Institut für Normung e. V.: Landwirtschaftliche Traktoren – Frontanbau, Teil 1: Zapfwelle und Dreipunktanbau. – Berlin: Beuth Verlag GmbH, 1989

[Eberle, 2003]

Eberle, Carsten: Bodenanpassung bei Frontmähwerken. – Aachen: Shaker Verlag, 2003

[Eichhorn, 1999]

Eichhorn, Horst (Hrsg.): Landwirtschaftliches Lehrbuch Landtechnik. – 7., völlig neu bearb. Aufl. – Stuttgart: Ulmer, 1999

[Graf, Schmelz, Aucktor, 2002]

Seherr-Thoss, Hans-Christoph; Schmelz, Friedrich, Aucktor, Erich: Gelenke und Gelenkwellen: Berechnung, Gestaltung, Anwendungen. - 2. Aufl. – Berlin u.a: Springer-Verlag, 2002

[Grotte, Feldhusen, 2005]

Grote, Karl-Heinrich; Feldhusen, Jörg (Hrsg.): Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau. - 21. Aufl. - Berlin u.a: Springer Verlag, 2005

[ISO 500-1: 2004 (E)]

Agricultural tractors – Rear-mounted power take off types 1, 2 and 3 – Part 1: General specifications, safety requirements, dimensions for maste shield and clearance cone – Genf: ISO copyright office, 2004

[ISO 5673-1, 2005-02]

Agricultural tractors and machinery – Power take-off drive shafts and power-input connection – Part 1 General manufacturing and safety requirements - Genf: ISO copyright office, 2004

[Lift; 1992]

Lift, Heinrich: Hydraulik in der Landtechnik: Grundlagen, Anwendung, Fehlersuche. - 4., überarb. und erg. Aufl. – Würzburg: Vogel, 1992

[Mettner, 2004].

Mettner, Michael (Hrsg.): Traktorhydraulik: Komponenten und Systeme von landwirtschaftlichen Traktoren. – Renningen: Expert Verlag, 2004

[Meiners, 1997]

Meiners, Hermann; Bucks, Walter; Hegemann, Rudolf; Rempfer, Rainer: Fachkenntnisse Landmaschinenmechaniker: Technologie - Technische Mathematik - Technisches Zeichnen. - 15. Aufl. – Hamburg: Handwerk und Technik, 1997

[Nienhaus, Wilks, 1997]

Nienhaus, Clemens; Wilks, Eberhard: Antriebssysteme in der Landtechnik: Gelenkwellen, Überlastkupplungen und Getriebe. – Landsberg/Lech: Verl. Moderne Industrie, 1997

[pdf1]

Geometric relations/force relations, CNH, Stand: 05.04.2012

[Schön, 1998]

Schön, Hans (Hrsg): Die Landwirtschaft: Lehrbuch für Landwirtschaftsschulen. – München: BLV Verl.-Ges.
Bd. 3. Landtechnik Bauwesen: Verfahrenstechnik – Arbeit – Gebäude – Umwelt. - 9., völlig Neubearb. und erw. Aufl. - 1998

[www1]

<http://www.cnh.com/Pages/home.aspx>, verfügbar am: 01.05.12

[www2]

<http://www.steyr-traktoren.com/Pages/de/Ueber-Steyr/Geschichte/Geschichte.aspx>, verfügbar am: 01.05.12

[www3]

<http://www.gkn-walterscheid.de/fileadmin/downloads/technical-handbooks/WAL-technisches-handbuch-DE.pdf>, verfügbar am: 22.05. 2012

[www4]

http://www.centa.info/data/products/32/de/cf-a-d-15-07_01.pdf, verfügbar am: 23.05.2012

[www5]

<http://www.merckindustrial.com/sitio/pdf/GWB%20Catalogo%20Genera.pdf>, verfügbar am: 23.05.2012

[2009/58/EG]

RICHTLINIE 2009/58/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 13. Juli 2009 über die Abschleppereinrichtung und den Rückwärtsgang von land- oder forstwirtschaftlichen Zugmaschinen auf Rädern (kodifizierte Fassung)
(Text von Bedeutung für den EWR)

[2009/144/EG]

RICHTLINIE 2009/144/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 30. November 2009 über bestimmte Bauteile und Merkmale von land- oder forstwirtschaftlichen Zugmaschinen auf Rädern (kodifizierte Fassung)
(Text von Bedeutung für den EWR)

[2009/61/EG]

RICHTLINIE 2009/61/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND
DES RATES über den Anbau der Beleuchtungs- und
Lichtsignaleinrichtungen für land- oder forstwirtschaftliche Zugmaschinen
auf Rädern (Kodifizierte Fassung)
(Text von Bedeutung für den EWR)

Selbständigkeitserklärung

Erklärung:

Ich erkläre, dass ich die die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

.....
Bearbeitungsort, Datum

.....
Unterschrift